Aus der Abteilung Augenheilkunde II
Ärztlicher Direktor: Frau Professor Dr. E. Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

GRÖSSE UND LAGE DES BLINDEN FLECKS UNTER MONOKULAREN UND BINOKULAREN PRÜFBEDINGUNGEN

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MARGIT BAUR
aus Regensburg

1983

UNIV. LIBRARY

Aus der Abteilung Augenheilkunde II
Ärztlicher Direktor: Frau Professor Dr. E. Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

GRÖSSE UND LAGE DES BLINDEN FLECKS UNTER MONOKULAREN UND BINOKULAREN PRÜFBEDINGUNGEN

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
MARGIT BAUR
aus Regensburg

1983

Dekan: Professor Dr. D. Plester

1. Berichterstatter: Frau Professor Dr. E. Aulhorn

2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Harms

1. E I N L E I T U N G :

Der blinde Fleck ist der Bereich des Gesichtsfeldes, der der Durchtrittsstelle des Sehnerven am Augenhintergrund entspricht.

Als physiologisches negatives Skotom (REED 22) stellt der blinde Fleck einen Gesichtsfelddefekt dar, der selbst unter monokularen Sehbedingungen nicht bemerkt wird, es sei denn, man prüft ganz gezielt. Beim binokularen Sehen übernimmt das nasale Gesichtsfeld des anderen Auges die Sehfunktion in diesem Bereich. Außerdem führt auch die herabgesetzte Sehschärfe in dieser Gegend dazu, daß ein Skotom von doch recht beachtlicher Größe (ca. 6°) unbemerkt bleibt. (ZUCKERMAN 30)

Zur Untersuchung des blinden Flecks bieten sich verschiedene Methoden an. Prinzipiell kann man von zwei großen Gruppen ausgehen: den perimetrischen Verfahren auf der einen und den kampimetrischen auf der anderen Seite. Bei den gebräuchlichen Perimetern handelt es sich um Halbkugeln, in deren Zentrum sich das untersuchte Auge befindet und eine Marke fixiert. Eine Testmarke, die überall auf der Kugelfläche bewegt werden kann, ist wegen des einheitlichen Abstandes zwischen Auge und Perimeter an allen Stellen gleich groß und von gleicher Leuchtdichte. Die Untersuchung mit dem Perimeter eignet sich vor allem zur Bestimmung des gesamten Gesichtsfeldes.

Da jedoch der Abstand Auge - Perimeter nicht beliebig groß gewählt werden kann und Details an Skotomen bei geringem Abstand Auge-Perimeter nicht so gut heraus gearbeitet werden können, ist in diesen Fällen im zentralen Gesichtsfeldbereich bis 30° den kampimetrischen Verfahren der Vorzug zu geben. Der Patient sitzt meist in größerem Abstand von einem Kampimeterschirm entfernt und fixiert eine Marke. Da sich hierbei aber die verschiedenen Stellen

UNIV. LEIPZIG BIBL.

der Kugelfläche, die der Augenhintergrund darstellt, auf einen ebenen Schirm projizieren, muß der Tangens berücksichtigt werden, so daß sich auf der ebenen Untersuchungswand die Abstände der Winkelgrade in der Peripherie größer darstellen. Entsprechend wird eine projizierte Testmarke, die von zentral nach peripher bewegt wird, mit zunehmender Größe auf der Kampimeterwand immer lichtschwächer, wenn der Projektor im Zentrum stehen bleibt.
Bei der Untersuchung des blinden Flecks kann man dieses Phänomen vernachlässigen, weil hier die Größenveränderung zu gering ist.

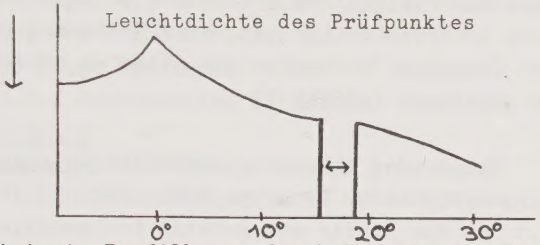
Die perimetrischen und kampimetrischen Methoden kann man noch einmal grob unterteilen in statische und kinetische Untersuchungsarten, wobei grundsätzlich beide über Lage und Größe des blinden Flecks Aufschluß geben können.

Die statische oder Profilperimetrie stellt an bestimmten Netzhautorten die Leuchtdichteschwellen fest. (HARMS15) Da bei dieser Art der Gesichtsfelduntersuchung die individuelle Reaktionszeit keine Rolle spielt,-die Prüfmarke wird während der Darbietung nicht bewegt- können die Ergebnisse genauer sein. Allerdings müssen, um einen ausreichenden Überblick zu erhalten, sehr viele Stellen bestimmt werden, was Untersucher und Untersuchten gleichermaßen ermüdet. (AULHORN u. HARMS 5)

So wenden GENÉE und PATEROK (14) zur Untersuchung der Größen- und Lageveränderung des blinden Flecks bei Korrektur von Refraktionsanomalien neben der Profilperimetrie entlang eines bestimmten Meridians auch ein kinetisches Verfahren an. Bei dieser Methode werden alle jene Gesichtsfeldstellen durch Prüfpunktbewegung aus unterschwelligen Bereichen heraus ermittelt, bei denen Testmarken einer bestimmten Leuchtdichte Schwellenreize darstellen. (= Isopterenperimetrie)

Die kinetische Perimetrie kann im Bereich des blinden Flecks gut angewandt werden, wie an Hand der Profilkurve deutlich wird. Voraussetzung ist allerdings die Verwendung einer Testmarke von ausreichend hoher Leuchtdichte und sehr geringer Ausdehnung. (MICHELFELDER 19) Abb.1

Abb. 1:



Schematisierte Profilkurve durch den blinden Fleck

Der senkrechte Abfall der Kurve im Bereich des blinden Flecks erklärt, daß eine Versuchsperson die Testmarke sofort sieht, sobald man das Gebiet des Skotoms mit dem Prüfpunkt verläßt.

Sollen auch kleinere Gesichtsfeldveränderungen bemerkt werden, stellt das Prinzip der Kampimetrie in großem Abstand eine optimale Lösung dar. Da man im Gegensatz zur Perimetrie die Entfernung über 2 m groß wählen kann, können innerhalb des zentralen Gesichtsfeldes (bis zu 30° nach peripher) Details von Skotomen genau untersucht werden. (ZUCKERMAN 30)

Die unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Autoren beruher - abgesehen von den individuellen Eigenschaften der Probanden- vor allem auf den unterschiedlichen Testbedingungen wie Umfeldleuchtdichte, Größe, Leuchtdichte und Geschwindigkeit, wowie Darbietungszeit der Testmarke u.a. .

Das morphologische Korrelat dieses Randbezirks stellen die Austrittstellen und Verzweigungen der großen Gefäße dar.

Die Angioskotome wurden von Evans erstmals genauer untersucht. Trifft das Licht auf ein Gefäß, so ist die Reizschwelle für die darunterliegende Netzhautstelle erhöht. (DUBOIS-POULSEN 10) Da das Gefäßbild oberhalb und unterhalb der Papille von Individuum zu Individuum außerordentlich unterschiedlich ist, sind Größenunterschiede zwischen den einzelnen Probanden vor allem am oberen und unteren Pol zu erwarten. (ARMALY 1)

Die in der Literatur genannten Größenangaben sind sehr unterschiedlich. So geben REED (22) und ZUCKERMAN (30) 5,5° an der Stelle des größten horizontalen (H) und 7,5° an der Stelle des größten vertikalen Durchmessers (V) an.

Die Aufstellung von SAUBERMANN (24) und DUBOIS-POULSEN (10) zeigen die zum Teil erheblichen Schwankungen der von verschiedenen Autoren gemachten Angaben. Tab. 1.

Tabelle 1: Literaturangaben zur Größe des blinden Flecks:

Autor	horizontaler Ø (H)	vertikaler Ø (V)
ARMALY (1) a	6,1° - 10,2°	8,0° -14,9°
DUBOIS-POULSEN(10)b	3°46'- 7°44'	5°28'-8°02'
INCZE (16)	3°20'- 7°15'	4°41'-8°40'
REED (22)	5,5°	7,5°
SAUBERMANN (24)	3°05'- 9°47'	4°41'-8°40'
ZUCKERMAN (30)	5,5°	7,5°

a je nach Methode und Testmarkengröße

b Werte aus der Literatur

Die Lage des blinden Flecks im Gesichtsfeld wird einheitlicher beurteilt. Im allgemeinen ist beschrieben, daß 1/3 des blinden Flecks oberhalb und 2/3 unterhalb des durch den Fixierpunkt gehenden horizontalen Meridians liegen. Jedoch fanden u.a. ARMALY (1) und DUBOIS-POULSEN (10), daß dies nicht immer der Fall ist. LOCKE(17) und RÖSSLER (23) bieten Torsionsbewegungen des Bulbus als mögliche Erklärung für eine Verlagerung des blinden Flecks an.

Der Mittelpunkt liegt durchschnittlich 15° temporal und 1,5° unterhalb des horizontalen Meridians. (RRED 22; ZUCKERMAN 30) Vgl. Tab.2

Als nasalen Grenzwert des blinden Flecks gibt INCZE (16) 11°25'- 15°0' und DUBOIS-POULSEN (10) 12° - 13°36'an. Tab.2

Der temporale Grenzwert liegt nach diesem Autor bei 18°-18°04'.

Tabelle 2: Literaturangaben zur Lage des blinden Flecks:

Autor	Mittelpunkt	Grenzwerte	
		nasal	temporal
ARMALY (1)	-	10,5° - 12,7°	18,8°-20,3°
DUBOIS-POULSEN (10)	15°-16°4'/ -0°55'- -2°4'	12° - 13°36'	18° - 18°4'
INCZE (16)	-	11°25'-11°50'	-
REED (22)	15°/ -1,5°	-	-
ZUCKERMAN (30)	15°/ -1,5°	-	-

-x° : unterhalb des horizontalen Meridians gelegene Mittelpunkte.

Mögliche Ursachen für differierende Angaben hinsichtlich der Größe des blinden Flecks sollen im Kapitel 5.DISKUSSION behandelt werden. An dieser Stelle soll nur ein möglicher Grund für Schwankungen der Größenangaben bei ein und derselben Person genannt sein: Unterschiede durch monokulare und binokulare Fixation.
DUBOIS-POULSEN beschreibt bereits 1952 (10) und im Anschluß daran 1969 (11) und 1978 (12), daß sich der blinde Fleck bei Prüfung mit binokularer Fixation gegenüber monokularer vergrößert. Die Vergrößerung beträt 2 - 3^{o}. In der 1978 (12) erschienenen Arbeit relativiert er jedoch dieses Ergebnis insoweit, als er die Vergrößerung in Beziehung zur Testmarkengröße und zum Kontrast setzt.

Bei Benutzung einer kleineren, aber stärker kontrastierten Marke erhält DUBOIS-POULSEN einen Größenunterschied von nur noch $1/2^{o}$. Die Messung in völliger Dunkelheit unter Verwendung einer sehr hellen Fixiermarke, eines Prüfpunktes von $4mm^2$ und einer Leuchtdichte von $0,06cd/m^2$ ergibt zwar einen großen blinden Fleck, der sich jedoch bei den zwei Fixationsarten nicht unterscheidet. Als mögliche Erklärung für die Vergrößerung unter binokularen Bedingungen nennt der Autor (12) "Inhibitionsvorgänge zentraler Natur im Bereich der amblyopen Zone nach Sinclair".

1978 befaßten sich BREWITT, HONEGGER u. POPPENDIECK (8) ebenfalls mit diesem Problem. Sie fanden bei ihren Untersuchungen nach Berechnung mittels eines statistischen Tests eine signifikante Verkleinerung des blinden Flecks bei binokularer Fixation. Sie machten dafür die größere Fixationsunruhe bei monokularer Prüfung verantwortlich, da hierbei zwar weniger Sakkaden, diese aber dafür mit größerer Amplitude auftreten.

Die Ergebnisse von DUBOIS-POULSEN und der Arbeitsgruppe BREWITT widersprechen sich also hinsichtlich der Größenunterschiede des blinden Flecks bei monokularer und binokularer Fixation.

Eine Vergrößerung bzw. Verkleinerung - ganz gleich welcher Art - würde sich z.B. bei Patienten mit zentrumsnahen Skotomen bemerkbar machen- je nachdem ob sie monokulare oder binokulare Sehbedingungen haben. Daneben kommt beim Strabismus möglichen Veränderungen Bedeutung zu, vor allem,wenn exzentrisch in Papillennähe fixiert wird. (DUBOIS-POULSEN)

Ziel dieser Arbeit soll es nun sein, stellvertretend für andere Skotome am Beispiel des blinden Flecks, zu untersuchen, ob wir bei möglichst exakter Fixation Lage- bzw. Größenunterschiede beobachten können, wenn einmal monokular und dann binokular untersucht wird. Sollten sich Unterschiede ergeben, muß der Versuch unternommen werden, deren Tendenz einzuordnen. Daneben wollen wir nachprüfen, ob wir bei Einhaltung möglichst ähnlicher Versuchsbedingungen, wie sie die Arbeitsgruppe Honegger hatte, dieselben Resultate erhalten, wie diese.

Dazu sollen mit dem Phasendifferenzhaploskop nach Aulhorn Versuche unter monokularen und zwei unterschiedlichen binokularen Fixationsbedingungen unternommen werden.
Im Anschluß daran möchten wir, wie oben erwähnt, an wenigen Probanden, Versuche in Anlehnung an die Arbeit von BREWITT durchführen.

2. M E T H O D I K :

2.1. Auswahl der Methodik:

Da von DUBOIS-POULSEN, der Arbeitsgruppe BREWITT und uns zum Teil sehr unterschiedliche und verschiedenartige Methoden benutzt wurden, werden im Folgenden die verwendeten Methoden dargestellt.

2.1.1. Untersuchung mit dem Perimeter:

Mit Hilfe besonderer Einrichtungen wie z.B. Spiegeln ist es möglich bei binokular angebotenem Fixierpunkt, den blinden Fleck eines Auges mit einer nur für dieses Auge sichtbaren Testmarke zu perimetrieren. Es wurde jedoch in der Einleitung darauf hingewiesen, daß diese Methode bei der exakten Untersuchung der Größe und Lage eines Skotoms den kampimetrischen Verfahren unterlegen ist, weil der Abstand Auge-Perimeter nicht groß genug gewählt werden kann.
(Dieses Verfahren wandte DUBOIS-POULSEN an.)

2.1.2. Verwendung von Gläsern in den Komplementärfarben rot und grün am Kampimeterschirm:

Die Versuchsperson erhält eine Probierbrille mit je einem grünen und roten Glas. Der Prüfpunkt wird in einer der beiden Farben projiziert und ist so für nur ein Auge sichtbar. Diese Methode hat jedoch den großen Nachteil, daß für die Probanden Bedingungen geschaffen werden, die keinen natürlichen Seheindruck zulassen. (DUBOIS-POULSEN 12)

2.1.3. Verwendung polarisierender Filter:

Dieses Verfahren ist dem unter 2.1.2. genannten sehr ähnlich, nur werden in die Probierbrille zwei Polarisationsfilter gesteckt, die das Licht in zueinandersenkrecht stehenden Ebenen polarisieren.

In diesem Fall kann mit weißem Licht gearbeitet werden, und die Versuchsperson nimmt alle Konturen bis auf die Prüfmarke binokular wahr. Die Untersuchung ist allerdings nur mit silberfarbenen Prüfschirmen möglich. (DUBOIS-POULSEN)

2.1.4. Phasendifferenzhaploskop nach Aulhorn:

In diesem Zusammenhang soll nur von der Anwendung als kampimetrischem Verfahren gesprochen werden. Durch alternierend rotierende Sektorenscheiben werden die Eindrücke beider Augen getrennt, so daß durch ein gleichphasig projiziertes Testzeichen nur ein Auge geprüft wird. (Eine genauere Beschreibung folgt unter 2.2.)
Wie bei dem Verfahren mit polarisierenden Gläsern können beim Haploskop alle gewünschten Konturen binokular gesehen werden, während die Testmarken monokular bleiben.
Da das Phasendifferenzhaploskop in relativ großem Abstand von der weißen Wand, an die die Testzeichen projiziert werden, aufgestellt werden kann, können auch kleinere Größenänderungen oder Lageverschiebungen deutlich erkannt werden.
(Arbeitsgruppe BREWITT)

Auf Grund der Vorteile bei der Bestimmung des blinden Flecks unter binokularen Fixationsbedingungen und wegen der leichteren Durchführbarkeit wählten auch wir die Methode der Phasendifferenzhaploskopie.

2.2. Prinzip der Untersuchungsmethode mit dem Phasendifferenzhaploskop nach Aulhorn:

Eine Trennung der Eindrücke beider Augen wird dadurch erreicht, daß mit Hilfe von rotierenden Sektorenscheiben, die sich sowohl vor den Augen des Probanden als auch vor den drei Projektoren befinden, beiden Augen alternierend ein Bild angeboten wird. Befindet sich z.B. das rechte Auge in derselben An-Ausphase wie ein Projektor mit einer bestimmten Testmarke, so wird das Testzeichen für dieses Auge sichtbar, während das andere Auge durch die Sektorenscheibe zum gleichen Zeitpunkt abgedeckt ist.

Wegen der hohen Frequenz von 100 Hz nimmt der Proband als einzige Auswirkung des Phasenwechsels der rotierenden Scheiben lediglich ein lichtschwächeres Bild wahr.
Soll ein Prüfzeichen beiden Augen angeboten werden, muß nur der Motor, der die Sektorenscheibe des entsprechenden Projektors dreht, abgestellt werden. (AULHORN 2,3,)

2.3. Wahl der Versuchspersonen:

Die Untersuchungen wurden an 20 Personen im Alter zwischen 16 und 29 Jahren durchgeführt. Die meisten der 10 mannlichen und 10 weiblichen Probanden hatten normale Sehschärfe, d.h. ihr Visus betrug 1,0 und mehr, und eine Korrektur war nicht nötig. Jede Abweichung von der Emmetropie, die über 0,5 Dioptrien hinausging, was bei 5 Probanden der Fall war, wurde voll auskorrigiert, um eine Erhöhung der Reizschwelle auf Grund von Fehlsichtigkeit auszuschalten. (AULHORN u. HARMS 5)

Von den 5 mit Korrektur untersuchten Probanden waren 4 rein myop und einer hyperop mit zusätzlichem Astigmatismus. Die höchste Korrektur betrug -2,5 Dioptrien bei den

myopen Probanden und +2,0 Dioptrien kombiniert mit -2,25dptr cyl. bei der hyperopen Versuchsperson mit zusätzlichem Astigmatismus. (Genauere Übersicht in Tab. 3)

Neben der Refraktionsbestimmung, die von einer Assistentin der Universitäts-Augenklinik Tübingen durchgeführt wurde, prüften wir vor Versuchsbeginn auch das binokulare Sehen mit Hilfe des Titmus-Stereotests, um sicherzustellen, daß eine binokulare Fixation möglich ist. Würden nämlich wegen stärkerer Heterophorie oder Strabismus die Bilder beider Augen stark differieren, könnte durch die entstehendes Rivalität das Bild eines Auges unterdrückt werden und ausschließlich das Bild des dominierenden Auges wahrgenommen werden, wodurch die Ergebnisse verfälscht würden. (DUKE-ELDER 9; THOMAS 29)

Bei den Stereotests hatten 4 Versuchspersonen beim letzten der 9 Ringe Schwierigkeiten, den richtigen zu erkennen, hatten jedoch zuvor alle anderen Testteile auf Anhieb richtig erkannt. Alle verfügten also über gutes Stereosehen.

2.4. Wahl von Fixierpunkt, Prüfpunkt und parazentralem Fusionsmuster:

2.4.1. Fixierpunkt:

Bei unseren Untersuchungen ist es notwendig, eine möglichst exakte zentrale Fixation einzuhalten. Dabei muß man sich aber im Klaren darüber sein, daß man eine vollkommen ruhige Fixation nie erreicht, da unwillkürliche Rotationsbewegungen (RÖSSLER 23; AULHORN u. HARMS 5) und Sakkaden auftreten. In Vorversuchen benützten wir Fixiermarken verschiedener Farbe, Form und Größe und stellten fest, daß sich folgendes Fixierzeichen am besten eignet.

Abb. 2: Fixierstern

Die 4 Dreiecke des Fixiersterns wurden mit weißem Licht an die Wand projiziert. Eine Notwendigkeit zur Verwendung einer roten Fixiermarke ergab sich nicht, da die Umfeldleuchtdichte mit 6 asb an der Grenze vom photopischen zum mesopischen Bereich lag und so gute zentrale Fixation möglich war. (R. SACHSENWEGER in AXENFELD u. PAU 7)
Außerdem erhielten wir in Vorversuchen mit einer roten Marke keine anderen Ergebnisse als mit einer weißen.

Der Proband hatte bei den Versuchen die Aufgabe, die Mitte der vier Dreiecke zu fixieren. Ein größerer Fixierstern war auf Grund der dann weiteren zentralen Aussparung nicht so exakt zu fixieren.

2.4.2. Prüfpunkt:

Die Prüfpunktgröße beeinflußt auf entscheidende Art die Ergebnisse bei der Größenbestimmung des blinden Flecks: Eine größere Marke kann im amblyopen Bereich von etwa 1^{o} um das absolute Skotom herum bereits einen überschwelligen Reiz darstellen. So ist die Ausdehnung geringer als bei Prüfung mit einer kleineren Marke. (ZUCKERMAN 30; ARMALY 1; REED 22)

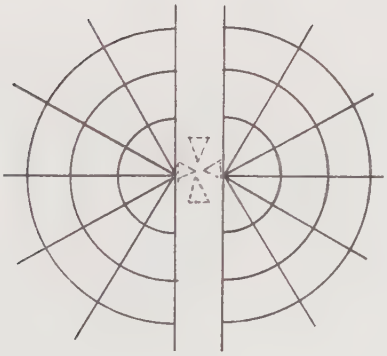
In einem weiteren Vorversuch mit unterschiedlich großen Prüfpunkten stellten wir ähnliche Tendenzen fest und entschieden uns für einen weißen Prüfpunkt von 11'3'' Durchmesser (≙1cm an der 3m entfernten Wand)

2.4.3. Parazentrales Fusionsmuster:

Um während der haploskopischen Bestimmung des blinden Flecks, bei der ein Auge die Fixiermarke, das andere den Prüfpunkt erhält, zu vermeiden, daß eine Heterophorie manifest wird, ist es nötig, für beide Augen gemeinsame Konturen anzubieten. (AULHORN 4)

Wir wählten das in Abb. 3 angegebene Muster, das ebenfalls mit weißem Licht an die Wand projiziert wurde.

Abb. 3:



Im Zentrum ist die Fixiermarke für ein Auge sichtbar.

Abb. 3: parazentrales Fusionsmuster

Eine zentrale Aussparung war zur Abgrenzung dieser Methode von der mit binokularem Fixierpunkt nötig. Ist die Aussparung zu groß, so kann sich eine Fixationsdisparität bemerkabar machen. (MONJÉ 20)

Um zu sehen, ob dieses Muster einen ausreichenden Fusionsreiz darstellt, führten wir ebenfalls einen Vorversuch durch. Für jedes Auge war jeweils ein Fixierstern monokular in der zentralen Aussparung sichtbar. Beide Sterne wurden um ihre zentrale Achse um 45° gegeneinander gedreht projiziert, so daß binokular ein achteckiger Stern erschien. Dann wurde an Hand der beiden Sterne geprüft, ob sich die Bilder beider Augen auseinander bewegten. Abb.4.

Das Ergebnis zeigte kein Auseinanderweichen der Sterne für das rechte und linke Auge. Das Fusionsmuster war also für unsere Zwecke gut zu gebrauchen.

Abb. 4:

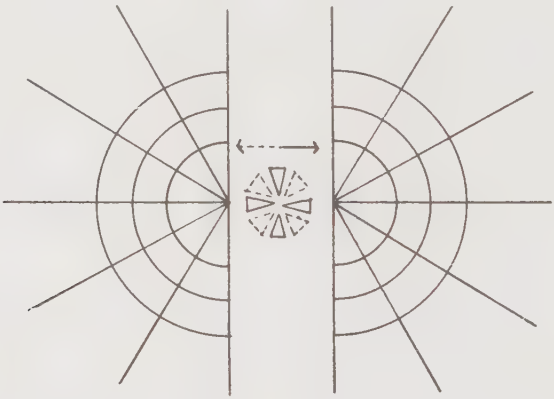


Abb. 4: Prüfung, ob das verwendete Fusionsmuster das Binokularsehen ausreichend verriegelt.

2.4.4. Gesichtsfeldschema für die"Nachversuche"an 5 Probanden:

Bei 5 Versuchspersonen versuchten wir durch Prüfung unter ähnlichen Bedingungen wie sie die Arbeitsgruppe um BREWITT hatte, zu klären, ob wir in diesem Falle vergleichbare Ergebnisse erhalten würden.

BREWITT verwendete ein Gesichtsfeldschema, das er in dunkelblauer Farbe an die Wand projizierte. Dieses Schema sollte möglichst unauffällig sein, um die Aufmerksamkeit des Untersuchten nur auf die helle Fixations- und Prüfmarke zu lenken.

In unseren"Nachversuchen"wählten wir das in Abb. 5 abgebildete Muster aus, das aber ebenfalls so gewählt wurde, daß es die Versuchsperson nicht von den Testzeichen ablenkte.

Abb. 5:

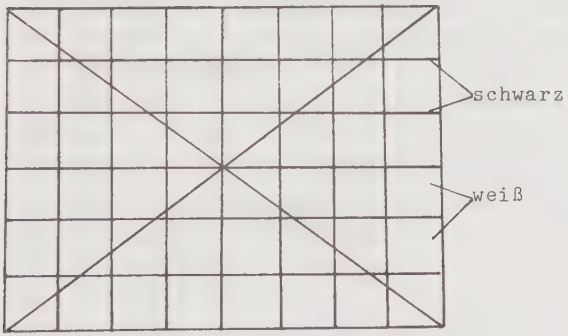


Abb. 5: binokular angebotenes Muster, das anstelle des dunkelblauen Gesichtsfeldschemas der Arbeitsgruppe BREWITT bei den"Nachversuchen"verwendet wurde.

2.5. Wahl der Leuchtdichte:

Als ein wichtiger Parameter bei der Messung der Größe des blinden Flecks erweist sich neben der absoluten Leuchtdichte von Testmarken und Umfeld auch der Kontrast zwischen beiden. (REED 22; SHIGA 27)

2.5.1. Umfeldleuchtdichte:

Je schwächer die Beleuchtung ist, desto größer ist der blinde Fleck.(SAUBERMANN 24)

Wir führten unsere Messungen im oberen Bereich des mesopischen Sehens durch, da so eine zentrale Fixation noch möglich war. (AXENFELD 7)

Die Umfeldleuchtdichte betrug im verdunkelten Raum bei eingeschalteter Deckenbeleuchtung 6 asb.

2.5.2. Leuchtdichte von Testmarken und parazentralem Fusionsmuster:

Die Leuchtdichte des Fusionsmusters betrug bei unseren Versuchen 135 asb, die Leuchtdichte der Testmarken (bei laufendem Motor) etwa die Hälfte.

2.5.3. Leuchtdichte von Testmarken und Gesichtsfeldschema bei den"Nachversuchen"

Die Leuchtdichte von Prüfpunkt und Fixierstern betrug 160 - 170 asb, die des Umfeldes 0,13 asb.

Beim binokular angebotenen Muster betrug die Leuchtdichte der schwarzen Linien 0 asb, die der weißen Zwischenräume 0,4 asb. (vgl. Abb.. 5)

2.6. Wahl der Testmarkengeschwindigkeit:

Wird der Prüfpunkt bei der kinetischen Perimetrie zu schnell bewegt, kommen die Angaben des Probanden je nach Reaktionszeit erheblich verzögert, und die Skotome werden nach allen Seiten hin vergrößert gemessen.'(FANKHAUSER 13) Bei zu langsamer Bewegung könnte die Versuchsperson unruhig werden und Suchbewegungen durchführen. (SCHMIDT 26)

Außerdem ist es unbedingt erforderlich, den Prüfpunkt gleichmäßig zu verschieben und Wackelbewegungen zu vermeiden, was nach REED (22) der Verwendung einer größeren Testmarke gleichkäme und zu anderen Ergebnissen führen würde.

Im Gegensatz zu anderen Autoren (SCHMIDT 25), die 1 - 2°/s vorschlagen, wählten wir eine Geschwindigkeit von ca. 10'/s, was bei einem Abstand von 3m der Projektoren zur Wand eine möglichst gleichförmige Bewegung zuließ.

2.7. Einstellung des Haploskops bei den angewendeten Untersuchungen:

Es handelt sich um 3 unterschiedliche Untersuchungen des blinden Flecks, die bei allen 20 Probanden durchgeführt wurden. Neben einer monokularen wurden noch zwei haploskopische Untersuchungen durchgeführt.

Zusätzlich untersuchten wir bei 5 Personen den blinden Fleck unter Bedingungen, die möglichst genau denen der Arbeitsgruppe BREWITT entsprachen. Ziel war es festzustellen, ob mögliche Lage- oder Größenunterschiede von der Versuchsanordnung abhängig sind.

2.7.1. Monokulare Untersuchung:

Das nicht geprüfte Auge wurde durch eine schwarze Klappe abgedeckt. (Bsp. re Auge)

Prüfpunkt: links } sichtbar
Fixierstern: links }
Fusionsmuster: ∅

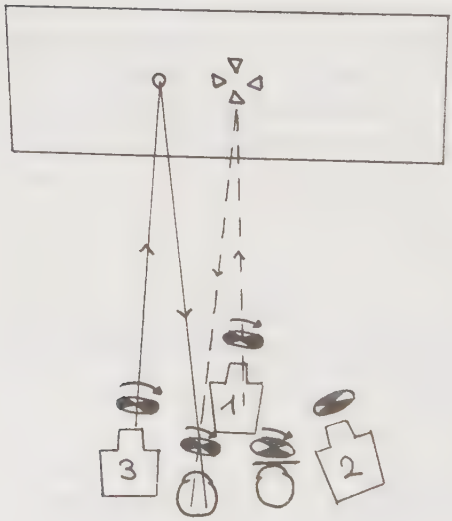


Abb. 6 : Einstellung bei monokularer Fixation

↷ Die Sektorenscheiben von Projektor 1 und 3 und vor dem li Auge des Probanden rotieren, um dieselbe Leuchtdichte wie bei den binokularen Untersuchungen zu erzeugen.

_____ Lichtweg von Projektor 3

– – – Lichtweg von Projektor 1

.7.2. Haploskopische Untersuchung mit binokularem Fixierpunkt:

Dadurch, daß die Sektorenscheibe von Projektor 1 nicht in Betrieb ist, wird der Fixierstern für beide Augen sichtbar.

Prüfpunkt: links
Fixierpunkt: links und rechts } sichtbar
Fusionsmuster: ∅

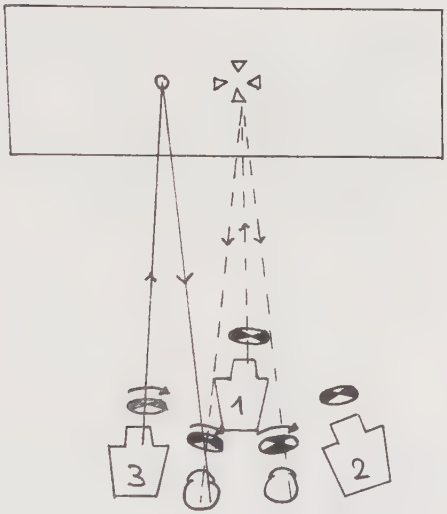


Abb. 7 : Einstellung bei haploskopischer Bestimmung mit binokularer Fixation:

↷ Die Sektorenscheiben vor den Augen des Probanden und vor Projektor 3 rotieren.

_____ Lichtweg von Projektor 3

_ _ _ Lichtweg von Projektor 1

..7.3. Haploskopische Untersuchung mit binokularem parazentralem Fusionsmuster:

Die Eindrücke beider Augen sind getrennt; zusätzlich wird aber beiden Augen gemeinsam ein Fusionsmuster angeboten.

Prüfpunkt: links
Fixierpunkt: rechts
Fusionsmuster: links und rechts
} sichtbar

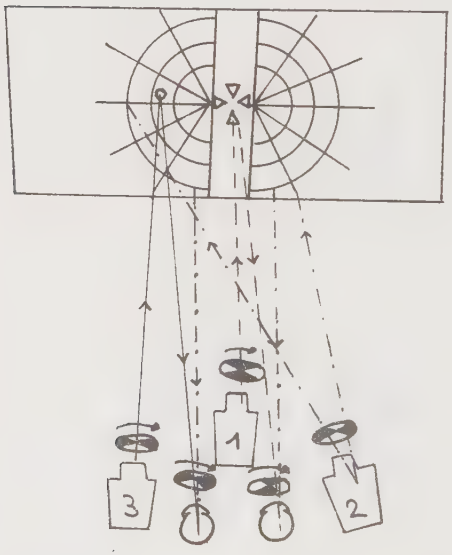


Abb. 8: Einstellung bei haploskopischer Prüfung mit binokularem parazentralen Fusionsmuster:

——— Lichtweg von Projektor 3
– – – Lichtweg von Projektor 1
–.–.– Lichtweg von Projektor 2
↷ Die Sektorenscheiben vor den Augen des Probanden und vor Projektor 1 und 3 rotieren.

2.7.4. Haploskopische Untersuchung mit sehr kontrastarmem binokular dargebotenem Muster eines Gesichtsfeldschemas:

Es handelt sich hierbei um die Versuche in Anlehnung an die Arbeitsgruppe BREWITT. Das Gesichtsfeldschema sollte möglichst unauffällig sein, also nicht als Fusionsverriegelung dienen.

Prüfpunkt: links
Fixierstern: rechts
} sichtbar
Gesichtsfeldschema: links und rechts

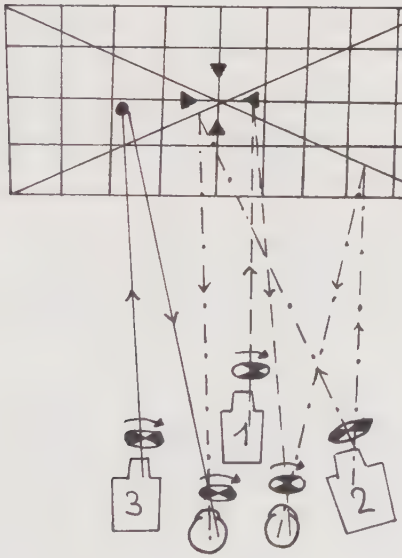


Abb. 9: Einstellung bei haploskopischer Untersuchung ohne Fusionsverriegelung:

——— Lichtweg von Projektor 3
– – – Lichtweg von Projektor 1
–.–.– Lichtweg von Projektor 2
↷ Die Sektorenscheiben vor den Augen des Probanden und vor den Projektoren 1 und 3 rotieren.

2.8. Versuchsdurchführung:

Die folgenden Untersuchungsschritte wurden bei allen 20 Versuchspersonen in derselben Reihenfolge vorgenommen.

2.8.1. Refraktionsbestimmung:

Unmittelbar vor Versuchsbeginn wurde bei jedem Probanden eine Refraktionsbestimmung durchgeführt und - soweit nötig - eine Brillenkorrektur vorgegeben.
Die durch höhere Brillenkorrektur entstehende Lage- und Größenveränderung des blinden Flecks (GENÊE u. PATEROK 14) kann in dieser Arbeit vernachlässigt werden, da sie bei monokularer und binokularer Fixation gleichermaßen vorhanden ist.

2.8.2. Prüfung des binokularen Sehens:

Die Fähigkeit binokular zu sehen, prüften wir mit Hilfe des Titmus-Stereotests, bei dem nach Möglichkeit alle Tafeln erkannt werden sollten.

2.8.3. Erklären des Versuchsablaufes und Gewöhnung des Probanden an die Untersuchungssituation:

Wir erklärten den Versuchspersonen kurz den Untersuchungsgang und wiesen darauf hin, daß sie ständig den an die Wand projizierten Stern fixieren sollten und dabei signalisieren sollten, wenn der Prüfpunkt für sie sichtbar wurde.
ARMALY 1 hat auf die Bedeutung des Übungseinflusses hingewiesen. Um den Probanden einzuüben, haben wir deshalb vor den eigentlichen Versuchen eine monokulare Bestimmung des blinden Flecks durchgeführt, die nicht bewertet wurde.
Bei diesen Untersuchungen wurde die Prüfmarke vom Zentrum des blinden Flecks aus mit einer

konstanten Geschwindigkeit von c. 10'/s nach außen geführt.
Die gefundenen Grenzen wurden mit Punkten und Kreuzchen auf einem weißen, an die Wand gehefteten Papier festgehalten.

Diese erste Bestimmung diente neben der Einübung des Probanden auch noch dazu, uns einen Überblick über die Lage des blinden Flecks zu geben.

2.8.4. Bestimmung des rechten blinden Flecks:

2.8.4.1. Bei monokularer Fixation (Vgl. Abb. 6 auf S.18):
Nach der ersten orientierenden Bestimmung wurde der blinde Fleck dann bei monokularer Fixation genauer untersucht.

Insgesamt wurden 12 Stellen der Skotomgrenze jeweils zweifach bestimmt.
War sich die Versuchsperson nicht ganz sicher, oder lagen die beiden gemessenen Werte weiter auseinander als sonst für diese Person typisch war, wurde noch eine dritte Messung durchgeführt. Dies wurde besonders im Gebiet der großen Gefäße immer wieder erforderlich (AULHORN u. HARMS 5)

Zunächst wurde der Prüfpunkt an jeweils 4 Stellen in horizontaler und vertikaler Richtung von innen nach außen bewegt. (Vgl. Abb.10)
Diese Bewegungsart hatte sich als geeignet zur Vermeidung von gerätebedingten Wackelbewegungen erwiesen und wird der Forderung nach Bestimmung der Grenzen in zum Umriß senkrechter Richtung (FANKHAUSER 13,u.a.)noch relativ gut gerecht.

Die übrigen 4 Stellen, die den größten vertikalen und horizontalen Durchmesser markieren, liessen sich dadurch ermitteln, daß man die Testmarke auf den zuvor konstruierten Mittellinien bewegte. (Abb. 11)

Die in zentrifugaler Richtung bestimmten Werte sind zwar etwas größer als die zentripetalen, was wir in Übereinstimmung mit anderen Autoren (INCZE 16; DUBOIS-POULSEN 10; REED 22) feststellten, jedoch sind sie unserer Meinung nach für den Probanden leichter anzugeben, da dieser bei zentripetal ermittelten Werten unbewußt eher dazu neigt, der Bewegung des Prüfpunktes mit den Augen zu folgen.

Da sämtliche Bestimmungen zentrifugal durchgeführt wurden, spielt der Unterschied zwischen zentrifugaler und zentripetaler Messung bei der Bewertung unserer Ergebnisse keine Rolle.

Abb. 10:

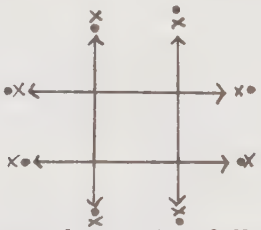


Abb. 10: Bestimmung der ersten 8 Werte (°) nach vorheriger Groborientierung (x). Der Prüfpunkt wird zur Ermittlung der Grenzen in Pfeilrichtung geführt.

Abb. 11:

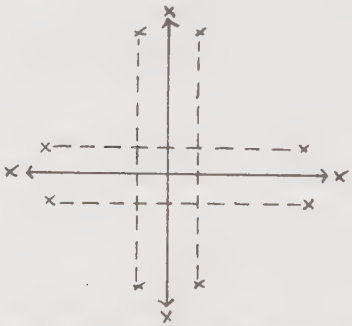


Abb. 11: Bestimmung der größten horizontalen und vertikalen Durchmesser:
Messung entlang der geometrisch gewonnenen Mittellinien.

.3.4.2. Haploskopische Bestimmung mit binokularem Fixierpunkt und monokularem Prüfpunkt: (vgl. Abb.7, S.19)
Anschließend folgte nach kurzer Pause die Messung bei Verwendung einer binokular sichtbaren Fixiermarke, wobei auf denselben horizontalen und vertikalen Linien wie unter 2.8.4.1. geprüft wurde.

Diese Ergebnisse wurden mit Kreuzchen in anderer Farbe markiert.

2.8.4.3. Haploskopische Bestimmung mit monokular dargebotenem Fixierpunkt für das linke Auge und monokular sichtbarem Prüfpunkt für das rechte Auge unter Verwendung eines parazentralen Fusionsmusters:
(vgl. Abb. 8 , S.20)
Nach erneuter kurzer Pause wurde unter den oben genannten Bedingungen die Grenzen ebenfalls wieder zweifach bestimmt.

2.8.5. Bestimmung des linken blinden Flecks:
Der linke blinde Fleck wurde auf dieselbe Weise bei allen 3 Fixationsarten bestimmt.
Die Ergebnisse sahen dann grob schematisiert so aus wie Abb. 13 zeigt, allerdings wurde in der Abbildung der Übersichtlichkeit wegen an allen 12 Stellen für jede Methode nur ein Meßwert gezeichnet.

2.8.6. Bestimmung der Größe des blinden Flecks unter "binokularen"Bedingungen in Anlehnung an die Arbeitsgruppe BREWITT (8):

Bei 5 der 20 VP versuchten wir durch Untersuchen des blinden Flecks eines Auges unter ähnlichen Bedingungen, wie sie die Arbeitsgruppe BREWITT hatte, zu klären, ob wir dabei vergleichbare Ergebnisse erhalten würden.

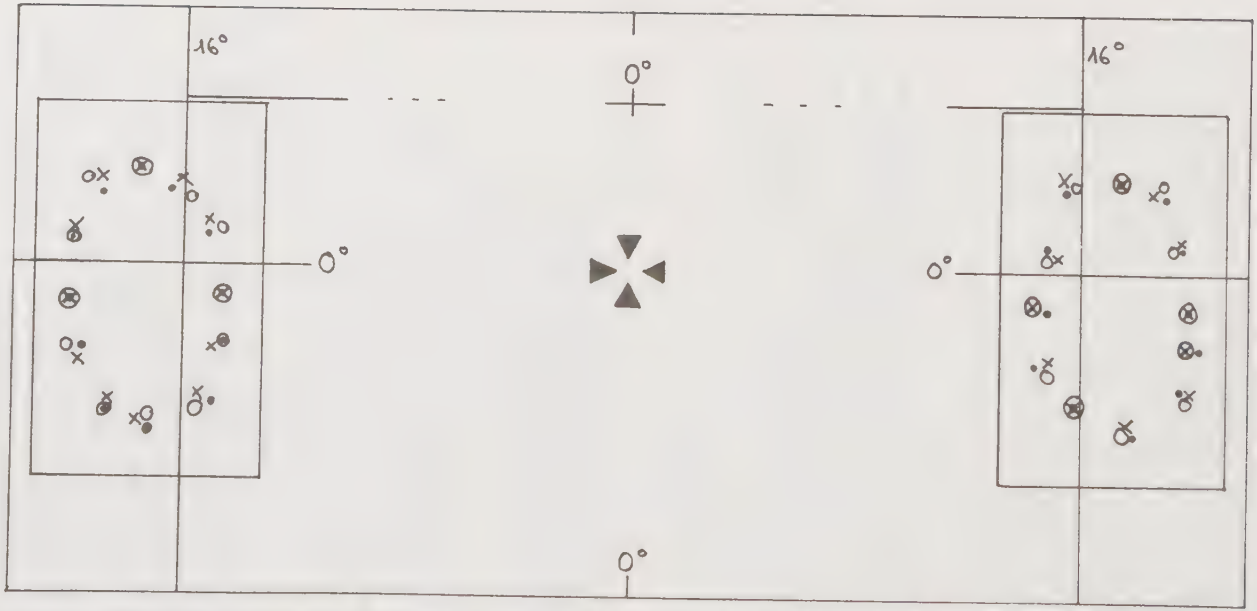


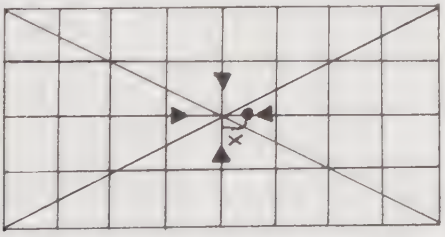
Abb.13: Schematisierte Darstellung der bei Versuchsende vorliegenden Ergebnisse. Auf dem an die Wand gehefteten Papier waren vor Beginn lediglich die durch 0° gehende horizontale und die durch 16° gehende vertikale Linie markiert.(Gradabstände nicht maßstabsgerecht!)
x monokular; · haploskopisch mit binokularem Fixierpunkt;0 haploskopisch mit monokularem Fixierpunkt und parazentralem Fusionsmuster.

4.4.4. Vor Versuchsbeginn wurde geprüft, ob möglicherweise bei den "binokularen" (von der Arbeitsgruppe BREWITT (8) so genannt) Untersuchungen auf Grund eines ungenügenden Fusionsreizes eine Heterophorie auftrat. Dabei gingen wir wie folgt vor:
Der Proband fixierte mit dem Auge, an dem nachher die Untersuchungen durchgeführt werden sollten, einen Fixierstern, der in das Zentrum des in Abb.5 beschriebenen dunklen, kontrastarmen Musters projiziert wurde.
Dem anderen Auge wurde der auf S. 12 beschriebene Prüfpunkt angeboten. Die Versuchsperson hatte nun die Aufgabe, diesen Punkt in die zentrale Aussparung der Fixiermarke zu plazieren. An Hand des Abstandes des Prüfpunktes zum Zentrum wurde das Ausmaß der Heterophorie bestimmt. (vgl.Abb.12)

Bei allen 5 Versuchspersonen wurden Abweichungen zwischen 10' und 16' festgestelllt, d.h. es traten unter Brewitt'schen Bedingungen Eso- und Exophorien sehr geringen Ausmaßes auf. Dabei kann es sich aber auch um eine typische Fixationsdisparität handeln.

In jedem Fall war die binokulare Verriegelung nicht ausreichend, und es muß während der kommenden Versuche eine Fusionsunruhe bestanden haben.

Abb. 12: Bestimmung des Ausmaßes der Heterophorie



2.8.6.2. Bestimmung des blinden Flecks unter monokularen Bedingungen:
Wie auch bei den übrigen Versuchen wurden wieder 12 Stellen kampimetriert mit einer Testmarkengeschwindigkeit von 15'/s.
Die Einstellung des Phasendifferenzhaploskops und der Ablauf der Untersuchung waren dieselben wie die unter 2.8.4.1. genannten.

2.8.6.3. "Binokulare Untersuchung":
Dabei handelt es sich um eine haploskopische Untersuchung des blinden Flecks, wobei das untersuchte Auge den Prüfpunkt und das andere den Fixierstern erhält.
Gleichzeitig war für beide Augen das in Abb. 5 gezeigte Muster sichtbar.
Auch diesmal wurden wieder 12 Grenzstellen kampimetriert.

3. E R G E B N I S S E :

Zuerst soll auf die Auswertung der Daten genauer eingegangen werden.

Im Anschluß daran wird die Genauigkeit der Ergebnisse untersucht.

Bei den Angaben zur Lage des blinden Flecks schlossen wir uns den in der Literatur üblichen zwei Arten der Lagebestimmung an. Zuerst soll auf den nasalen und temporalen Grenzwert eingegangen werden. Anschließend beschäftigen wir uns mit den mathematisch berechneten Schwerpunkten, die den geometrischen Mittelpunkten in etwa entsprechen. Der darauf folgende Vergleich der Lage des blinden Flecks unter monokularen und haploskopisch binokularen Bedingungen ist für unsere Fragestellung besonders wichtig.

Daneben interessierte uns am Rande die Frage, ob die die Lage des blinden Flecks bei gleicher Refraktion beider Augen identisch ist.

Bei der Größenbestimmung des blinden Flecks interessierte uns vor allem die größten horizontalen und vertikalen Durchmesser und die zu erhaltende Fläche.

Auch hierbei war vor allem der Vergleich unter monokularen und haploskopisch binokularen Bedingungen besonders wichtig.

Als letzte Berechnung wurde dann noch die Größe des blinden Flecks bei den in Anlehnung an die Arbeitsgruppe BREWITT (8) durchgeführten monokularen und "binokularen" Untersuchungen ermittelt und verglichen.

Wir benutzten dabei die von dieser Gruppe angegebenen Methoden zur statistischen Auswertung, ohne damit eine Aussage darüber zu machen, ob diese in unserem Fall die geeigneten Methoden sind. Ziel war es, möglicherweise ähnliche Tendenzen hinsichtlich des Größenunterschieds des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Prüfbedingungen zu erhalten.

3.1. Ausmessen und Berechnen der Begrenzung des blinden Flecks:

Die 12 Stellen der Skotomgrenze, an denen kampimetriert wurde, nummerierten wir dem Zifferblatt einer Uhr entsprechend von 1 bis 12 durch.
Für jeden Wert wurden die zwei Koordinaten in cm ausgemessen und über folgende Formel in Winkelgrad umgerechnet. (vgl. Abb. 14)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{300}$$

300 cm = Abstand:Wand - Projektor

x = horizontale oder vertikale Differenz zum Fixierstern

Abb. 14:

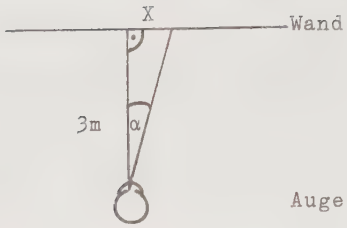


Abb. 14: Skizze, die Umrechnung der in cm ausgemessenen Koordinaten in Winkelgrad veranschaulichen soll.

Das entstandene Koordinatennetz berücksichtigt durch Verwendung des Tangens, daß die Differenzen zwischen den einzelnen Grad-Abständen nach außen hin größer werden, was durch die Projektion einer Kugelfläche, die die Netzhaut darstellt, auf die ebene Fläche des Papiers nötig wird. Vgl. Abb. 15

Die vertikalen Werte, die oberhalb des durch den Fixierpunkt gehenden Meridians lagen, wurden mit +, die unterhalb mit - gekennzeichnet.

Diese Koordinaten wurden für die statistischen Tests, mit denen eventuelle Lage- und Größenveränderungen nachgewiesen werden sollten, auf Lochkarten übertragen.

Für statistische Zwecke berechneten wir jeweils das linke und rechte Auge getrennt, da es sich hierbei nicht um unabhängige Größen handelt.

Abb.15

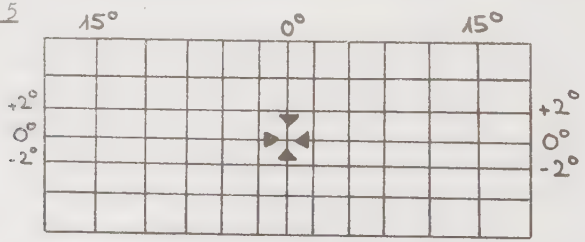


Abb. 15: Koordinatennetz, das die Projektion der Kugelfläche auf eine Ebene berücksichtigt.

3.2. Differenz zwischen der 1. und 2. Bestimmung:

Da jede der 12 geprüften Stellen bei allen 3 Methoden doppelt bestimmt wurde, kann so über die Differenz auf die Genauigkeit der Ergebnisse geschlossen werden.

Auf Grund der möglichen Störungen im Bereich der Gefäßaustrittstellen am oberen und unteren Pol der Papille wurden Stellen, die durch horizontales Bewegen der Prüfmarke gefunden wurden, getrennt von den vertikal bestimmten berechnet.

Die Einzelwerte für jede Person dienten zur Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung . (Tab. 4)

Tabelle 4: Mittelwert und Standardabweichung der Differenzen zwischen erster und zweiter Bestimmung bei allen 20 Versuchspersonen.

rechtes Auge		linkes Auge	
Ergebnisse		Ergebnisse	
horizontal	vertikal	horizontal	vertikal
$\bar{x} = 4{,}8'$	$\bar{x} = 6'$	$\bar{x} = 4{,}8'$	$\bar{x} = 6'$
$s_{\bar{x}} = \pm 1{,}4'$	$s_{\bar{x}} = \pm 1{,}9'$	$s_{\bar{x}} = \pm 1{,}4'$	$s_{\bar{x}} = \pm 1{,}9'$

3.3. Lage des blinden Flecks:

Für die Ermittlung der Lage des blinden Flecks bei monokularen und binokularen Prüfbedingungen wurden die in der Literatur üblichen Parameter, nämlich die nasalen und temporalen Grenzen des größten horizontalen Meridians und der mathematisch ermittelte Schwerpunkt, der dem geometrischen Mittelpunkt entspricht, herangezogen.
Dabei soll unter 3.3.1. und 3.3.2. nur auf die Einzelergebnisse eingegangen werden, während der uns vor allem interessierende Vergleich der Lage des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Bedingungen erst unter 3.3.3. abgehandelt wird.

3.3.1. Nasaler und temporaler Grenzwert des blinden Flecks:

Die Grenzwerte wurden an der Stelle des größten horizontalen Durchmessers bestimmt (vgl. Abb.11) und daraus der interindividuelle Mittelwert aller 20 Versuchspersonen berechnet. Dieser Mittelwert interessierte uns vor allem im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Werten. (vgl. Tab. 2)

Da bei den Grenzen eine starke individuelle Komponente im Spiel ist, sind in Tabelle 5 neben den Mittelwerten auch die Minimal- und Maximalwerte für die drei Untersuchungsarten angegeben.

Mit Methode 1 bezeichnen wir die monokulare Bestimmung, mit Methode 2 die haploskopische Untersuchung mit binokularem Fixierstern und mit Methode 3 die haploskopische Messung bei Verwendung eines für jeweils ein Auge sichtbaren Fixier- und Prüfpunktes und eines binokular angebotenen parazentralen Fusionsmusters.

Tabelle 5: Mittelwerte aller 20 Versuchspersonen und Minimal- und Maximalwerte der nasalen und temporalen Grenzen:

Methode 1:

rechtes Auge		linkes Auge	
nasale Grenze	temp. Grenze	nasale Grenze	temp. Grenze
12,90°	18,33°	12,57°	18,02°
11,42°-14,41°	17,24°-19,29°	11,27°-14,27°	17,03°-18,97°

Methode 2:

nasale Grenze	temp. Grenze	nasale Grenze	temp. Grenze
12,86°	18,39°	12,56°	18,01°
11,40°-14,36°	17,21°-19,24°	11,26°-14,47°	17,00°-19,05°

Methode 3:

nasale Grenze	temp. Grenze	nasale Grenze	temp. Grenze
12,89°	18,38°	12,59°	17,99°
11,42°-14,36°	17,17°-19,19°	11,20°-14,36°	16,96°-18,85°

3.3.2. Schwerpunkte: [+]

Um die Lage des blinden Flecks möglichst genau angeben zu können, wurde aus allen 12 Werten für jede Methode der Schwerpunkt des blinden Flecks, der ziemlich genau dem geometrischen Mittelwert entspricht, bestimmt.

Eine Übersicht über die Koordinaten der Schwerpunkte (= Mittelwerte der horizontalen und vertikalen Werte) beider Augen bietet Tabelle 6, die nach den drei Methoden aufgeschlüsselt ist.

(Tab. 6a und 6b sind im Anschluß an die Zusammenfassung auf S.55) zu finden.

Im Anschluß an die Berechnung der Schwerpunkte des blinden Flecks wurden Mittelwert und Standardabweichung berechnet. (Tab. 7)

Dieser Mittelwert ist vor allem im Vergleich mit den in Tab.2 aufgeführten Werten aus der Literatur interessant.

[+] Die rechnerische und statistische Auswertung der unter 3.3.2., 3.3.3., 3.4.1. - 3.4.3. aufgeführten Ergebnisse erfolgte durch Herrn Dipl.-Mathematiker Dr. G. Deichsel vom Institut für medizinische Biometrie der Universität Tübingen.

Tabelle 7: Mittelwert $\bar{x}\bar{y}$ und Standardabweichung $s_{\bar{x}}/s_{\bar{y}}$ der Schwerpunkte für das rechte und das linke Auge. (Definition von Methode 1 - 3 S.32)

Methode 1:

	rechtes Auge	linkes Auge
$\bar{x}$ / $\bar{y}$	$15^{\circ}43'$ / $-1^{\circ}37'$	$15^{\circ}18'$ / $-1^{\circ}26'$
$s_{\bar{x}}$ / $s_{\bar{y}}$	$\pm$ 35' / $\pm$ 40'	$\pm$ 35' / $\pm$ 38'

Methode 2:

	rechtes Auge	linkes Auge
$\bar{x}$ / $\bar{y}$	$15^{\circ}41'$ / $-1^{\circ}37'$	$15^{\circ}16'$ / $-1^{\circ}25'$
$s_{\bar{x}}$ / $s_{\bar{y}}$	$\pm$ 36' / $\pm$ 41'	$\pm$ 38' / $\pm$ 38'

Methode 3:

	rechtes Auge	linkes Auge
$\bar{x}$ / $\bar{y}$	$15^{\circ}41'$ / $-1^{\circ}37'$	$15^{\circ}16'$ / $-1^{\circ}25'$
$s_{\bar{x}}$ / $s_{\bar{y}}$	$\pm$ 37' / $\pm$ 41'	$\pm$ 40' / $\pm$ 38'

3.3.3. VERGLEICH der Lage des blinden Flecks unter monokularen und haploskopisch binokularen Prüfbedingungen:

Bei der Beurteilung der Lage des blinden Flecks zeigten die Ergebnisse schon bei einfacher Betrachtung, daß sich sowohl die Mittelpunkte als auch die nasalen und temporalen Grenzwerte bei monokularen Bestimmungen nicht von denen bei binokularen Untersuchungen unterschieden. Dasselbe Ergebnis läßt sich auch Tabelle 6 (im Anhang) entnehmen.

Die Ergebnisse wurden auf signifikante Unterschiede mittels statistischer Tests geprüft. Für jedes Auge wurden die Ergebnisse der Methoden 1 und 2, 2 und 3, 1 und 3 miteinander verglichen.

Die multivariate Varianzanalyse (MORRISON 32) ergab bei keinem Auge einen signifikanten Unterschied für die drei Fixationsbedingungen.

D.h. die Lage des blinden Flecks ist unabhängig davon, ob monokular oder binokular geprüft wird.

3.3.4. Lage des linken und rechten blinden Flecks bei gleicher Refraktion beider Augen:

Neben einem möglichen Lageunterschied bei haploskopisch binokularer Prüfung gegenüber Bestimmung unter monokularen Bedingungen interessierte uns auch die Frage, ob bei Normalsichtigkeit bzw. bei gleicher Korrektur auf beiden Augen die Schwerpunkte des linken und rechten blinden Flecks übereinstimmen. Dazu wurden die Ergebnisse von 11 unserer 20 Versuchspersonen herangezogen, die diese Bedingung erfüllten. Tabelle 8 (im Anhang) zeigt, daß lediglich bei den Versuchspersonen 8 und 20 die Abweichung des rechten Auges gegenüber links in horizontaler und bei Proband 14 und 18 in vertikaler Rich-

tung über den Betrag der einfachen Standardabweichung hinausging. Bei den übrigen Probanden war die Lage des linken und rechten blinden Flecks identisch.

3.4. GRÖSSE des blinden Flecks:

Für die Größenbestimmung wurden sowohl die größten horizontalen und vertikalen Durchmesser als auch die Fläche herangezogen.

Wie auch bei der Lage interessierte uns bei der Größe des blinden Flecks vor allem der Vergleich zwischen Untersuchungen unter monokularen und binokularen Bedingungen.

3.4.1. Größter horizontaler und vertikaler Durchmesser des blinden Flecks:

Die Durchmesser wurden wie auf S.24 beschrieben bestimmt.

Die vertikalen Werte (V) ergaben sich durch Addition des Betrags der Ordinatenwerte an Punkt 6 und 12.

Für die horizontalen Werte (H) wurde die Differenz zwischen den Abszissenwerten 9 und 3 gebildet.

Bei allen Versuchspersonen mit Ausnahme einer myopen Probandin stellte sich der blinde Fleck als Längsoval dar mit einem größeren vertikalen Durchmesser.

Die Ausmaße der vertikalen Druchmesser (V) bewegten sich zwischen 5,06° und 8,02° für das rechte und 5,54° und 8,96° für das linke Auge.

Die entsprechenden horizontalen Werte (H) reichen von 4,61° bis 6,50° rechts und von 3,96° bis 6,91° links.

Eine genauere Aufstellung der Ergebnisse zeigt Tabelle 9. (im Anhang)

3.4.2. Fläche:

Um die Größe des blinden Flecks bei den drei Fixationsbedingungen vergleichen zu können, entschieden wir uns für die Flächenbestimmung, da in diese Berechnung sowohl der horizontale Durchmesser(H) als auch der vertikale Durchmesser (V) eingeht.
Die Fläche des blinden Flecks stimmt näherungsweise gut mit einer Ellipsenfläche überein. Sie kann daher nach folgender Formel berechnet werden.

$$F = \frac{H}{2} \times \frac{V}{2} \times \pi$$

Die Werte für die einzelnen Versuchspersonen sind in Tabelle 10 aufgeführt. (Im Anhang)

Dann wurden für beide Augen der 20 Versuchspersonen getrennt bei allen drei Methoden Mittelwert und Standardabweichung berechnet.

Die Werte für die mittleren Flächen sowie die Standardabweichungen können Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 11: Mittelwert ($\bar{F}$)und Standardabweichung (s_F) der Flächen.

rechtes Auge:

	Methode 1	Methode 2	Methode 3
$\bar{F}$	30,33	30,14	30,32
s_F	$\pm$ 1,03	$\pm$ 1,05	$\pm$ 0,99

linkes Auge:

	Methode 1	Methode 2	Methode 3
$\bar{F}$	30,53	30,70	30,37
$s_{\bar{F}}$	$\pm$ 1,26	$\pm$ 1,51	$\pm$ 1,41

Die Zahlenwerte sind in Flächeneinheiten angegeben, nämlich in Sehwinkelgrad^2.

3.4.3. VERGLEICH der Größe des blinden Flecks bei Bestimmung unter monokularen und binokularen Bedingungen:

Beim Vergleich der Größe des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Prüfbedingungen wurden wieder für jedes Auge die Methoden 1 und 2, 2 und 3, 1 und 3 miteinander verglichen mit Hilfe einer doppelten Varianzanalyse (KREYSZIG 31). Es zeigten sich bei keinem Auge signifikante Unterschiede bezüglich der Größe bei allen drei Methoden.

D.h. wie schon bei der Lage des blinden Flecks konnten wir auch bei der Größe nicht feststellen, daß sich die Werte bei Bestimmung unter binokularen Bedingungen von denen unter monokularen unterschieden.

3.5. Größe des blinden Flecks bei den Versuchen, die in Anlehnung an die Arbeit der Gruppe BREWITT (8) durchgeführt wurden:

Die Auwertung der Ergebnisse bei den Versuchen an 5 unserer 20 Versuchspersonen, die dazu dienten herauszubekommen, ob wir unter möglichst ähnlichen

Bedingungen dieselben Tendenzen feststellen könnten, erfolgte nach der von BREWITT angegebenen statistischen Methode.

Zuerst wurde bei jedem blinden Fleck von monokular horizontal bestimmten Werten ein mittlerer Durchmesser berechnet.
Dasselbe wiederholte sich bei den vertikalen Werten. Anschließend wurden dieselben Berechnungen bei den binokularen Ergebnissen durchgeführt. (vgl. Tab. 12)

Zwischen den monokularen und binokularen Mittelwerten wurde die Differenz gebildet. (vgl. Tab. 13 und 14 im Anhang)

Die Größenunterschiede, die die Werte für die Durchmesser bei Prüfung unter monokularen und binokularen Bedingungen ergaben, wurden mit Hilfe des verbundenen T-Tests (zweiseitig) auf Signifikanz geprüft. (vgl. S.63/64)

Für die horizontalen Werte (H) kann man auf Grund der Ergebnisse sagen, daß mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,025 die "binokular" gefundenen Durchmesser kleiner sind. Bei den vertikalen Maßen (V) ist dies ebenfalls mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,025 möglich.

Unsere Ergebnisse unter ähnlichen Bedingungen wie bei BREWITT zeigen also die gleiche Tendenz, nämlich eine Verkleinerung des blinden Flecks bei binokularer Untersuchung.

Eine mögliche Erklärung versuchen wir im Kapitel 5. DISKUSSION.

Tabelle 12:

VP	monokular		binokular	
	H	V	H	V
1	6,00°	7,99°	5,49°	7,57°
2	3,95°	4,59°	3,66°	4,37°
3	4,21°	6,03°	3,91°	6,06°
4	5,36°	5,73°	4,58°	5,34°
5	6,69°	5,56°	6,02°	5,26°

Tabelle 12: Mittelwerte der horizontalen und vertikalen Durchmesser für jeden blinden Fleck berechnet.

H = horizontaler mittlerer Durchmesser
V = vertikaler mittlerer Durchmesser
VP = Versuchsperson

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE:

4.1. Gültigkeit der Ergebnisse:

Bei der Beurteilung der Ergebnisse perimetrischer und kampimetrischer Untersuchungen und ihrer Genauigkeit muß man sich darüber im Klaren sein, daß diese Methoden von vornherein ein gewisses Fehlerspektrum beinhalten.
Die Ursachen hierfür sind zum Teil darin begründet, daß die Versuchsperson durch ihre Angaben zu einem Teil des Meß-Systems wird. (MÜLLER et al.21)
Ebenso gehen u.a. die Reaktionszeit und Konzentration des Untersuchers in die Ergebnisse mit ein.

Im folgenden sollen nun die verschiedenen Fehlermöglichkeiten angeführt werden. Ein Teil davon ist mehr durch die Apparatur bedingt, während andere eher auf der Person des Probanden oder des Untersuchers basieren.

4.1.1. Situation der Versuchsperson:

Aus mangelnder Bereitschaft zur Mitarbeit oder Konzentrationsschwäche folgen ungenaue Ergebnisse.

4.1.2. Reaktionszeit:

Auf Grund der Versuchsanordnung muß man eine zweifache Verzögerung annehmen:
Zuerst verstreicht eine Zeitspanne zwischen dem Augenblick, in dem die Versuchsperson den Prüfpunkt wahrnimmt und dies dann signalisiert. Anschließend tritt eine weitere Verzögerung ein, bis der Untersucher das Signal bemerkt und die Stelle markiert.

4.1.3. Lerneffekte:

Bei ungenügendem vorherigem Training werden die Ausmaße des blinden Flecks mit zunehmender Übung kleiner. (ARMALY 1)

4.1.4. Fixation:

Bei ungenügendem Fixationsreiz kommt es zu einer Fixationsunruhe bzw. bei Messungen im skotopischen

Bereich zu exzentrischer Fixation auf Grund des physiologischen Dunkelskotoms. (AULHORN u. MICHELFELDER 6)

4.1.5. Möglicherweise können Rollbewegungen des Bulbus zu einer Lageveränderung des blinden Flecks führen. (RÖSSLER 23) und dabei unterschiedliche Ergebnisse bei Wiederholungsuntersuchungen bewirken.

4.1.6. Bei einigen Personen können größere Ungenauigkeiten auftreten, wenn im Bereich der großen Gefäße bestimmt wird. (HARMS 15) Dies gilt besonders für die obere und untere Grenze.

4.1.7. Schwankungen in der Testmarkengeschwindigkeit und Wackelbewegungen können ebenfalls zu falschen Ergebnissen führen.

Ein Teil dieser möglichen Faktoren kann bei der Versuchsanordnung und Durchführung ausgeschaltet werden oder doch zumindest abgeschwächt werden.

Da die Versuchspersonen freiwillig teilnahmen und zum größten Teil Studenten waren, konnte eine ausreichende Motivation vorausgesetzt werden.

Durch zügige Versuchsdurchführung und kurze dazwischengeschaltete Pausen war auch die Konzentration gewährleistet.

Durch eine niedrige Testmarkengeschwindigkeit, die in unserem Falle 10°/s betrug, wirkt sich auch der durch die Reaktionszeit hervorgerufene Fehler weniger aus. Allerdings können Ungenauigkeiten dieser Art nicht ganz vermieden werden.

Um Schwankungen der Testmarkengeschwindigkeit und Wackelbewegungen minimal zu halten, wurde der Prüfpunkt streng in horizontaler und vertikaler Richtung vom Zentrum des blinden Flecks wegbewegt, da unser Projektor in diesen beiden Richtungen am leichtesten gleichmäßig bewegt wer-

den konnte.

Durch dieses Vorgehen nimmt man zwar in Kauf, daß nicht genau senkrecht zum Umfang des blinden Flecks bestimmt wurde, was die präzisesten Angaben des Probanden bewirkt (DUBOIS-POULSEN 10), doch waren die Abweichungen von dieser idealen Richtung bei unserer Versuchsanordnung sehr klein.

Eine Verkleinerung des blinden Flecks durch Lernvorgänge konnten wir dadurch ausschließen, daß wir, nachdem der Versuch erklärt worden war, die Versuchspersonen an die Versuchssituation gewöhnten und eine erste Lagebestimmung des blinden Flecks anschlossen, die nicht bewertet wurde.

Mit einem weißen leuchtstarken Fixierstern, dessen Zentrum die Probanden ansehen sollten, erreichten wir eine möglichst ruhige zentrale Fixation.

Außerdem wiesen wir auch während der Versuche die Versuchspersonen immer wieder darauf hin, genau auf den Stern zu blicken. Unbewußte Fixationsschwankungen von wenigen Winkelminuten konnten jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Auf Ungenauigkeiten z.B. im Bereich der großen Gefäße wurden wir durch Zweifachbestimmung jeder Stelle aufmerksam. Bei größeren Abweichungen bestimmten wir einen dritten Wert und kamen so zu einer genaueren Angabe über die Grenzen des blinden Flecks.

Man kann also zusammenfassend sagen, daß wegen der Subjektivität dieser Methode nicht alle Fehlerquellen vollständig ausgeschlossen werden konnten. Wie die Doppelbestimmungen jedoch zeigen, ist die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ziemlich gut.

4.2. Deutung der Ergebnisse:

4.2.1. Lage des blinden Flecks:

Die in Tabelle 5 angegebenen nasalen und temporalen Grenzwerte stimmen mit den in der Literatur (Tab.2) angeführten Werten gut überein, wobei jedoch darauf hingewiesen werden muß, daß interindividuelle Schwankungen bis zu 3° möglich sind; auch die stimmt mit Angaben in der Literatur überein.

Ebenso lassen sich die Schwerpunkte mit 15°30'/-1°30'(Tabelle 7) mit den von verschiedenen Autoren gefundenen Koordinaten für den Mittelpunkt 15°/-1,5° (Tab.2) gut vergleichen. Eventuelle größere Abweichungen können entstehen, wenn unter den Probanden mehrere mit Hyperopie oder Myopie sind, wobei sich der Schwerpunkt zum Zentrum hin oder nach außen verschiebt.

4.2.2. VERGLEICH der Lage des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Bedingungen:

Das Ergebnis der statistischen Tests zeigt, daß keine über das Zufällige hinausgehende Lageveränderung festzustellen ist. Diese Tatsache bestätigt auch den Eindruck, den man beim Betrachten der Grenzen des blinden Flecks bei den drei verschiedenen Fixationsbedingungen bekommt.

Auch DUBOIS-POULSEN (12) und BREWITT (8), die sich ausführlicher mit dem Problem des blinden Flecks bei monokularer und binokularer Fixation befaßten, beschreiben in ihren Arbeiten keine Lageunterschiede.

4.2.3. Vergleich der Lage des blinden Flecks des linken und rechten Auges bei gleicher Refraktion:

Die Koordinaten der Schwerpunkte des linken und rechten Auges sind zwar nicht bei allen für diesen Vergleich geeigneten Versuchspersonen identisch, jedoch liegen die Werte innerhalb der einfachen Standardabweichung.

Dies bedeutet, daß bei zentraler Fixation und gleicher Refraktion die Lage des blinden Flecks und damit der Papille nahezu identisch ist bei beiden Augen.

4.2.4. Größte horizontale und vertikale Durchmesser:
Die Werte für die horizontalen Durchmesser (Tab. 9), die bei unseren Untersuchungen zwischen 4,61°-6,50° für das rechte Auge und 3,69°-6,91° für das linke Auge liegen, bewegen sich in dem von verschiedenen Autoren berichteten Bereich. (Tab.1)

Die von ARMALY (1) genannten Werte sind jedoch größer. Dasselbe zeigt sich bei den vertikalen Durchmessern. Armalys Arbeit zielt darauf ab zu zeigen, wie sich die Größe des blinden Flecks als abhängig von Größe und stimulierendem Wert der Testmarke erweist.

Es ist also ziemlich problematisch, eigene Ergebnisse mit den in der Literatur beschriebenen zu vergleichen, da je nach Fragestellung die Untersuchungsbedingungen wechseln und somit andere Absolutwerte möglich sind.

Neben der Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen sollten Leuchtdichte von Testmarken und Umfeld, die Größe der Prüfzeichen und die Angaben darüber, ob Ausfahr- oder Einfahrwerte gemessen wurden, in die Überlegungen bei einem Vergleich absoluter Maße miteinbezogen werden.

4.2.5. VERGLEICH der Größe des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Prüfbedingungen:

Zu Beginn dieses Abschnitts soll noch einmal kurz erklärt werden, was unter den drei Bestimmungsarten zu verstehen ist.
Methode 1 beinhaltet die Prüfung unter Verwendung eines monokular dem geprüften Auge angebotenen Prüf- und Fixierpunktes. Bei Methode 2 fixiert die Versuchsperson binokular den Stern, während nur das untersuchte Auge den Prüfpunkt erhält. Unter

Methode 3 ist die Untersuchung zu verstehen, bei der der Fixierstern für das eine Auge, der Prüfpunkt für das andere Auge sichtbar ist. Zur Vermeidung einer manifesten Heterophorie, die sich beim Prüfen mit einer konturlosen Wand im Hintergrund zeigen könnte, wird beiden Augen zusätzlich ein parazentrales Fusionsmuster angeboten.

Vergleicht man nun die bei den 3 Methoden erhaltenen Größenwerte, so konnten wir bei unseren Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede herausfinden. Dies würde bedeuten, daß beim binokularen Sehen keine Vorgänge in Kraft treten(z.B. eine bessere Fixation (BREWITT 8)), die sich auf Skotome in Form eines Größenunterschiedes auswirken.

DUBOIS-POULSEN führte seine Versuche unter anderen Bedingungen durch und bemerkte eine Vergrößerung des blinden Flecks bei binokularer Fixation. Als mögliche Erklärung führt er zentrale Inhibitionsvorgänge an. In der 1978 erschienenen Arbeit (12) präzisiert Dubois-Poulsen seine Angaben und zeigt eine Abhängigkeit dieses Phänomens von der Leuchtdichte auf. Bei Prüfung im Dunkeln mit heller Prüfmarke erhielt er keinen Größenunterschied.

Unsere Ergebnisse stehen also im Widerspruch zu den Arbeiten von DUBOIS-POULSEN (12) auf der einen und BREWITT (8) auf der anderen Seite, die beide Größenunterschiede bei monokularer und binokularer Prüfung des blinden Flecks fanden, allerdings in entgegengesetzter Richtung.

Suchen wir nun nach einer Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse bei DUBOIS-POULSEN, BREWITT und uns, so ist diese wohl in Unterschieden der Methodik zu finden.

Es erscheint uns wichtig - und dies besonders bei Berücksichtigung der Arbeit von DUBOIS-POULSEN (12) von 1978 - mit ausreichend kontrastreichen Testmarken zu untersuchen, um Fehler auszuschließen, die

durch umgebende Reize im "emmetropen Bereich" um den blinden Fleck hervorgerufen werden und nach DUBOIS-POULSEN möglicherweise zu zentralen Hemmungserscheinungen führen. Genauere Angaben darüber, wie diese Induktionsvorgänge zu erklären sind, kann man dieser Arbeit nicht entnehmen. Dubois-Poulsen stellt lediglich fest, daß diese zentralen Hemmungsvorgänge beim Übergang vom monokularen zum binokularen Sehen sehr schnell eintreten.

Da über den eigentlichen Untersuchungsgegenstand mit Ausnahme von Angaben zur Leuchtdichte und zu Eigenschaften der Testmarken nichts Genaues gesagt wird, kann man auf mögliche Einflüsse von Seiten der Methodik keine Rückschlüsse ziehen.

Bei der Arbeitsgruppe BREWITT (8) zeigt sich als Ergebnis eine Verkleinerung des blinden Flecks unter binokularen Bedingungen, was mit einer möglichen Fixationsverbesserung unter binokularen Bedingungen zu erklären versucht wird.

Die Methode 8 war in unseren Versuchen dazu bestimmt, ähnliche Versuchsbedingungen zu schaffen wie sie BREWITT hatte. Ein grundsätzlicher Unterschied bestand jedoch darin, daß die von dieser Arbeitsgruppe benutzte dunkelblaue Skala durch ein parazentrales, gut sichtbares Fusionsmuster (mit weißem Licht projiziert) ersetzt wurde, um heteronymiebedingte Abweichungen der Augen auf Grund der Tatsache, daß Prüf- und Fixierpunkt jeweils einem Auge angeboten wurden, zu vermeiden.

Um nachzuprüfen, ob bei BREWITT wirklich die Heteronymie die Ursache des Größenunterschieds sein kann, untersuchten wir bei 5 unserer 20 Versuchspersonen unter möglichst ähnlichen Prüfbedingungen, wie sie die Arbeitsgruppe Brewitt hatte, den blinden Fleck erneut bei monokularen und bei "binokularen" Prüfbedingungen. (BREWITT 8)
Dabei tauschten wir unser helles parazentrales Fu-

sionsmuster gegen ein kontrastarmes, möglichst wenig sichtbares Muster aus.

Bei allen 5 Personen trat unter diesen Bedingungen eine geringe Heterophorie zwischen 10' und 16' auf.

Die Ergebnisse wurden nach der von BREWITT (8) vorgeschlagenen Methode berechnet, obwohl wir der Meinung sind, daß ein Größenvergleich des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Bedingungen für vertikale Durchmesser, die auf Grund eines einzigen vertikalen Meridians bestimmt wurden, problematisch ist, da sich in diesem Bereich Ungenauigkeiten, durch die großen Gefäße bedingt, besonders stark auswirken.

Die Ergebnisse unserer 5 Untersuchungen zeigten wie bei BREWITT eine Verkleinerung des blinden Flecks unter "binokularen" Sehbedingungen gegenüber monokularen.

Möglicherweise wurden durch Heterophorie bedingte Größenunterschiede durch die Art der Berechnung und die Verwendung des T-Testes anstelle der multivariaten Varianzanalyse verstärkt.

Grundsätzlich kann man sagen, daß der blinde Fleck oder jedes andere Skotom durch Augenbewegungen (z.B. Nystagmus) kleiner wird. Außerdem ist bekannt, daß beim Manifestwerden von Heterophorien sofort auch heterophore Schwankungen einsetzen. Diese sind den Augenbewegungen beim Nystagmus gleichzusetzen und müssen also zu demselben Effekt der Skotomverkleinerung führen können.

Unsere Ergebnisse, die sich von denen DUBOIS-POULSEN's, der eine Vergrößerung des blinden Flecks beschreibt, und BREWITT's, der eine Verkleinerung unter binokularen Sehbedingugnen feststellte, abweichen, zeigen, daß sich bei guter Fixation und Vermeidung des Auftretens von Heterophorie mit Hil-

fe guter Fusionsmuster, sowie bei ausreichend hohem Kontrast der Testmarken keine Lage- und Größenunterschiede des blinden Flecks ergeben, ob nun bei monokularen oder binokularen Prüfbedingungen untersucht wird. Als geeignete binokulare Prüfbedingungen bieten sich unsere Methoden 2 und 3 an, wobei entweder ein gut sichtbarer Fixierstern binokular angeboten wird oder bei Verwendung einer monokularen Fixier- und einer Prüfmarke für das andere Auge zusätzlich ein ausreichendes parazentrales Fusionsmuster angeboten wird.

5. Z U S A M M E N F A S S U N G :

ZIEL dieser Arbeit ist, die Lage und Größe des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Prüfbedingungen genau zu untersuchen und zu vergleichen.

In den beiden zu diesem Thema erschienenen Arbeiten wird hinsichtlich der Lageveränderung nichts berichtet. In Bezug auf die Größenangaben widersprechen sich die Angaben von DUBOIS-POULSEN, der unter binokularen Bedingungen eine Vergrößerung feststellt, und BREWITT, der eine Verkleinerung gegenüber der monokularen Bestimmung erhält.

Unsere Versuche wurden an 20 zum größten Teil normalsichtigen Probanden mit Hilfe des Phasendifferenzhaploskops nach Aulhorn durchgeführt. Bei jeder Versuchsperson wurden 3 unterschiedliche Messungen vorgenommen.

Bei der ersten Messung wurde den Versuchspersonen auf demselben Auge ein Prüfpunkt und ein Fixierstern monokular angeboten.

Anschließend führten wir die Bestimmungen unter haploskopischen Bedingungen mit binokularem Fixierstern und monokularem Prüfpunkt durch.

Bei der dritten Fixationsart war für ein Auge der

Prüfpunkt, für das andere der Fixierstern sichtbar. Zur Verhinderung einer manifestwerdenden Heterophorie wurde zusätzlich ein binokulares parazentrales Fusionsmuster verwendet.
Bei jedem Probanden wurde für jedes Auge die Grenze des blinden Flecks an 12 Stellen bei allen drei Fixationsarten bestimmt.

Die Ergebnisse wurden zuerst in Bezug auf mögliche Lageveränderungen beurteilt. Sowohl die nasalen (12,56° - 12,9°) und temporalen (17,99° - 18,39°) Grenzwerte als auch die Schwerpunkte (15,5°/-1,5°) stimmen mit den in Literatur angegebenen Werten gut überein.

Auch unterscheiden sich linkes und rechtes Auge bei gleicher Refraktion nicht.

Lageunterschiede bei Bestimmung unter binokularen Fixationsbedingungen gegenüber monokularen konnten wir nicht beobachten.

Zur Größenbestimmung wurden der jeweils größte horizontale und vertikale Durchmesser berechnet, die sich mit H: 3,69°-6,91° und V: 5,06°-8,96° ebenfalls im Rahmen der in der Literatur angegebenen Werte bewegen.
Zum Vergleich der Größe des blinden Flecks nach Bestimmung mit allen drei Methoden wurde jeweils die Fläche berechnet.
Die angewandten statistischen Tests zeigten bei unseren Untersuchungen keinen Größenunterschied.

Mit der vorliegenden Arbeit kommen wir also zu anderen Ergebnissen als die Arbeitsgruppe BREWITT auf der einen und DUBOIS-POULSEN auf der anderen Seite.

Dubois-Poulsen beschreibt allerdings eine Abhängigkeit der binokularen Vergrößerung von der Leuchtdichte. Seiner Meinung nach sind zentrale Hemmungsvorgänge im Spiel.

Die Ursache für die binokulare Verkleinerung, die die Arbeitsgruppe Brewitt beobachtete, sehen wir in der Tatsache, daß durch die Versuchsanordnung heterophoriebedingte Augenbewegungen möglich sind, die ihrerseits zu ei-

ner Verkleinerung des blinden Flecks bei binokularer Untersuchung führen können. Um diese genauer zu überprüfen, führten wir bei 5 unserer 20 Versuchspersonen die Versuche unter möglichst ähnlichen Bedingungen, wie sie die Arbeitsgruppe Brewitt hatte, durch, wobei durch Heterophorie bedingte Einflüsse möglich sind. Es ergab sich dabei ebenfalls eine binokulare Verkleinerung des blinden Flecks.

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei Sicherstellung einer ausreichenden Fusion und bei Benützung von genügend kontrastreichen Testzeichen keine Lage- und Größenunterschiede des blinden Flecks bei monokularen Prüfbedingungen gegenüber binokularen beobachtet werden können.

6. A N H A N G:

6.1. Tabellen:

Tabelle 3 :

VP Nr.	Geschlecht		Normalsichtigkeit	Korrektur	Alter
	m	w			
01		x	x		22 J
02		x	x		22 J
03	x		x		22 J
04		x		Myopie	20 J
05		x	x		24 J
06	x		x		16 J
07		x	x		22 J
08	x		x		25 J
09		x	x		24 J
10	x		x		25 J
11		x	x		22 J
12	x		x		28 J
13		x		Myopie	23 J
14	x		x		28 J
15	x		x		29 J
16		x		Myopie	22 J
17	x			Hyperopie +Astigmat.	23 J
18	x		x		25 J
19	x		x		25 J
20		x		Myopie	22 J
	10	10	15	5	16 - 29 J

Tab. 3: Übersicht über Alter, Geschlecht und Sehvermögen der 20 Versuchspersonen.

Tabelle 6 a :

VP	Methode 1		Methode 2		Methode 3	
Nr.	x_s	y_s	x_s	y_s	x_s	y_s
01	16°04'	-0°53'	16°05'	-0°54'	16°05'	-0°50'
02	15°32'	-1°53'	15°30'	-1°49'	15°29'	-1°56'
03	15°51'	-2°05'	15°51'	-2°07'	15°55'	-2°04'
04	16°15'	-0°33'	16°13'	-0°16'	16°08'	-0°15'
05	14°56'	-1°45'	14°52'	-1°38'	14°51'	-1°40'
06	15°27'	-1°15'	15°20'	-1°19'	15°23'	-1°24'
07	16°08'	-1°11'	16°07'	-1°13'	16°07'	-1°14'
08	16°02'	-1°07'	16°02'	-1°03'	16°04'	-1°06'
09	16°11'	-1°46'	16°13'	-1°51'	16°08'	-1°41'
10	14°29'	-0°26'	14°29'	-0°26'	14°26'	-0°29'
11	15°35'	-1°25'	15°36'	-1°24'	15°34'	-1°16'
12	15°39'	-1°54'	15°35'	-1°50'	15°37'	-1°49'
13	15°01'	-2°07'	15°00'	-2°04'	14°56	-2°03'
14	16°40'	-2°51'	16°40'	-2°47'	16°41'	-2°46'
15	15°16'	-2°08'	15°14'	-2°10'	15°13'	-2°08'
16	15°10'	-2°49'	15°07'	-2°52'	15°06'	-2°54'
17	16°46'	-1°46'	16°47'	-1°44'	16°46'	-1°37'
18	15°33'	-0°59'	15°31'	-0°52'	15°31'	-1°01'
19	15°28'	-2°09'	15°24'	-2°06'	15°26'	-2°05'
20	16°14'	-1°27'	16°11'	-1°28'	16°14'	-1°28'

Lage der Schwerpunkte des rechten blinden Flecks.

x_s : horizontaler Koordinatenwert des Schwerpunktes
y_s : vertikaler Koordinatenwert des Schwerpunktes
VP : Versuchsperson
Methode 1 - 3 : Erklärung vgl. S. 32

Tabelle 6 b :

VP Nr.	Methode 1		Methode 2		Methode 3	
	x_s	y_s	x_s	y_s	x_s	y_s
01	15°32'	-0°49'	15°35'	-0°43'	15°34'	-0°40'
02	14°53'	-1°44'	14°56'	-1°45'	14°55'	-1°44'
03	15°07'	-1°40'	15°10'	-1°35'	14°59'	-1°31'
04	15°53'	-0°44'	15°51'	-0°44'	16°10'	-0°44'
05	14°47'	-2°16'	14°14'	-2°17'	14°12'	-2°08'
06	16°01'	-1°14'	16°02'	-1°17'	16°02'	-1°15'
07	15°56'	-1°26'	15°52'	-1°16'	15°53'	-1°29'
08	14°40'	-1°31'	14°39'	-1°31'	14°34'	-1°29'
09	15°49'	-1°37'	15°49'	-1°37'	15°49'	-1°39'
10	14°08'	-1°26'	14°08'	-1°26'	14°05'	-1°22'
11	15°43'	-1°25'	15°41'	-1°31'	15°34'	-1°28'
12	15°50'	-1°53'	15°49'	-1°53'	15°51'	-1°52'
13	14°54'	-1°07'	14°52'	-1°11'	14°51'	-1°11'
14	16°10'	-1°38'	16°14'	-1°37'	16°14'	-1°41'
15	14°44'	-2°14'	14°40'	-2°10'	14°40'	-2°11'
16	14°37'	-1°58'	14°36'	-2°02'	14°36'	-2°02'
17	15°53'	+0°06'	15°56'	+0°11'	15°57'	+0°13'
18	14°49'	-2°13'	14°48'	-2°06'	14°49'	-2°04'
19	15°23'	-0°17'	15°24'	-0°14'	15°25'	-0°12'
20	15°09'	-1°45'	15°12'	-1°41'	15°11'	-1°39'

Lage der Schwerpunkte des linken blinden Flecks.

x_s : horizontaler Koordinatenwert des Schwerpunktes
y_s : vertikaler Koordinatenwert des Schwerpunktes
VP : Versuchsperson
Methode 1 - 3 : Erklärung vgl. S.32

Tabelle 8 : Vergleich beider Schwerpunkte bei 11 Probanden mit gleichem Sehvermögen bzw. identischer Korrektur links und rechts:

Proband	Methode	rechtes Auge	linkes Auge
01	1	16°04' / - 0°53'	15°32' / -0°49'
	2	16°05' / - 0°54'	15°34' / -0°43'
	3	16°05' / - 0°50'	15°34' / -0°40'
02	1	15°32' / - 1°53'	14°53' / -1°44'
	2	15°30' / - 1°59'	14°56' / -1°45'
	3	15°29' / - 1°56'	14°55' / -1°44'
05	1	14°56' / - 1°45'	14°47' / -2°16'
	2	14°52' / - 1°38'	14°14' / -2°17'
	3	14°51' / - 1°40'	14°12' / -2°08'
07	1	16°08' / - 1°11'	15°56' / -1°26'
	2	16°07' / - 1°13'	15°52' / -1°16'
	3	16°07' / - 1°14'	15°53' / -1°29'
08	1	16°02' / - 1°07'	14°40' / -1°31'
	2	16°02' / - 1°03'	14°39' / -1°31'
	3	16°04' / -°1°06'	14°34' / -1°29'
11	1	15°35' / - 1°25'	15°43' / -1°25'
	2	15°36' / - 1°24'	15°41' / -1°31'
	3	15°34' / - 1°16'	15°34' / -1°28'
12	1	15°39' / - 1°54'	15°50' / -1°53'
	2	15°35' / - 1°50'	15°49' / -1°53'
	3	15°37' / - 1°49'	15°51' / -1°52'
14	1	16°40' / - 2°51'	16°10' / -1°38'
	2	16°40' / - 2°47'	16°14' / -1°37'
	3	16°41' / - 2°46'	16°14' / -1°41'
15	1	15°16' / - 2°08'	15°44' / -2°14'
	2	15°14' / - 2°10'	15°40' / -2° 10'
	3	15°13' / - 2°08'	15°40' / -2°11'
18	1	15°33' / - 0°59'	14°49' / -2°13'
	2	15°33' / - 0°52'	14°48' / -2°06'
	3	15°31' / - 1°01'	14°49' / -2°04'

Fortsetzung von Tabelle 8 :

Proband	Methode	rechtes Auge	linkes Auge
20	1	$16^{\circ}14' / -1^{\circ}27'$	$15^{\circ}09' / -1^{\circ}45'$
	2	$16^{\circ}11' / -1^{\circ}28'$	$15^{\circ}12' / -1^{\circ}41'$
	3	$16^{\circ}14' / -1^{\circ}28'$	$15^{\circ}11' / -1^{\circ}39'$

Tabelle 9a :

VP Nr.	Methode 1		Methode 2		Methode 3	
	vert. Ø	horiz.Ø	vert. Ø	horiz.Ø	vert.Ø	horiz.Ø
01	6,54°	5,73°	6,58°	5,73°	6,87°	5,80°
02	6,38°	4,68°	6,44°	4,61°	6,52°	4,70°
03	8,02°	6,18°	7,67°	6,34°	7,83°	6,50°
04	5,42°	5,94°	5,06°	5,84°	5,11°	5,86°
05	6,95°	5,13°	6,56°	5,61°	7,21°	5,36°
06	6,33°	5,18°	5,93°	5,25°	6,29°	5,37°
07	7,61°	5,83°	8,02°	5,98°	7,78°	5,87°
08	7,40°	5,99°	7,38°	5,97°	7,51°	5,49°
09	7,47°	5,19°	7,32°	5,27°	7,26°	5,18°
10	6,87°	5,81°	6,53°	5,82°	6,34°	5,75°
11	6,18°	5,02°	6,24°	5,07°	6,56°	5,21°
12	6,98°	5,62°	6,95°	5,44°	7,19°	5,29°
13	7,11°	5,20°	7,30°	5,55°	7,33°	5,40°
14	7,00°	4,88°	7,19°	4,85°	7,10°	4,70°
15	7,39°	5,87°	7,52°	5,70°	7,54°	5,94°
16	7,48°	5,61°	7,48°	5,49°	7,57°	5,53°
17	6,48°	4,73°	6,65°	4,92°	6,49°	4,87°
18	7,84°	6,08°	7,87°	6,10°	7,59°	6,11°
19	6,84°	5,15°	6,77°	5,12°	6,82°	5,26°
20	7,82°	6,00°	7,28°	5,67°	7,55°	5,54°

Größter vertikaler und horizontaler Durchmesser des rechten blinden Flecks.

Tabelle 9b:

VP Nr.	Methode 1		Methode 2		Methode 3	
	vert. Ø	horiz.Ø	vert.Ø	horiz.Ø	vert.Ø	horiz.Ø
01	7,17°	5,86°	7,24°	5,57°	6,89°	5,38°
02	5,98°	4,44°	6,01°	4,49°	5,55°	4,29°
03	8.00°	6,71°	8,35°	6,88°	8,22°	6,91°
04	5,54°	4,77°	5,65°	4,95°	5,65°	4,79°
05	6,87°	5,39°	6,67°	5,73°	6,82°	5,50°
06	7,04°	3,96°	6,26°	3,69°	6,90°	3,78°
07	8,18°	6,36°	8,96°	6,62°	8,89°	6,19°
08	7,28°	5,73°	7,17°	5,65°	7,13°	5,76°
09	7,03°	5,41°	7,05°	5,35°	7,03°	5,43°
10	6,60°	5,78°	6,54°	5,74°	6,58°	5,76°
11	6,61°	5,84°	6,48°	6,07°	6,76°	5,53°
12	7,52°	5,65°	7,45°	5,62°	7,39°	5,58°
13	6,98°	5,19°	7,03°	5,24°	7,02°	5,34°
14	7,43°	4,78°	7,64°	4,87°	7,22°	4,80°
15	7,71°	5,35°	7,45°	5,25°	7,48°	5,43°
16	7,73°	5,68°	7,94°	5,54°	8.00°	5,66°
17	6,41°	5,02°	6,58°	4,81°	6,93°	4,95°
18	7,38°	5,92°	7,16°	6,14°	7,07°	5,87°
19	6,93°	5,57°	6,90°	5,62°	7,04°	5,59°
20	7,28°	5,68°	7,28°	5,47°	7,37°	5,56°

Größter vertikaler und horizontaler Durchmesser des linken blinden Flecks.

Tabelle 10a:

Nr.	Methode 1	Methode 2	Methode 3
01	33,00	31,67	29,11
02	20,85	21,19	18,70
03	42,16	45,12	44,61
04	20,75	21,75	21,97
05	29,08	30,02	29,46
06	21,90	18,14	20,48
07	40,86	46,59	43,22
08	32,76	31,82	32,26
09	29,87	29,62	29,98
10	29,96	29,48	29,77
11	30,32	30,89	29,36
12	33,37	32,88	32,39
13	28,45	28,93	29,44
14	27,89	29,22	27,22
15	32,40	30,72	31,90
16	34,48	34,55	35,56
17	25,27	24,86	26,94
18	34,31	34,53	32,59
19	30,32	30,46	30,91
20	32,48	31,28	32,18

Fläche des blinden Flecks der 20 untersuchten linken Augen.

$$\text{Fläche} = \frac{\text{vertikaler } Ø}{2} \times \frac{\text{horizontaler } Ø}{2} \times \pi$$

Tabelle 10b :

Nr.	Methode 1	Methode 2	Methode 3
01	29,43	29,61	31,29
02	23,45	23,32	24,07
03	38,93	38.19	39.97
04	25,29	23,31	23,52
05	28,00	28,90	30,35
06	25,75	24,45	26,53
07	34,85	37,67	35,87
08	34,81	34,60	32,38
09	30,45	30,82	29,54
10	31,35	29,85	28,63
11	24,37	24,85	26,84
12	30,81	29,69	29,87
13	29,04	31,30	31,09
14	26,83	27,39	26,21
15	34,07	33,67	35,18
16	32,96	32,25	32,88
17	24,07	25,70	24,82
18	37,44	37,70	36,42
19	27,77	27,22	28,17
20	36,85	32,42	32,85

Fläche des blinden Flecks der 20 untersuchten rechten Augen.

$$\text{Fläche} = \frac{\text{vertikaler } \varnothing}{2} \times \frac{\text{horizontaler } \varnothing}{2} \times \pi$$

6.2. Statistische Auswertung:

Die Größenunterschiede, die die Werte für die Durchmesser bei Prüfung unter monokularen und binokularen Bedingungen ergaben, wurden mit Hilfe des verbundenen T-Tests (zweiseitig) auf Signifikanz geprüft.

a) Horizontale Werte:

$$\left\{\begin{array}{lllll} H_o: & \mu - \mu_o & = & 0 & = \mu_{\bar{d}} \\ H_1: & \mu - \mu_o & \neq & 0 & \end{array}\right\}$$

Tabelle 13: Berechnung der Differenzen zwischen den monokularen x_i und binokularen y_i mittleren Durchmessern.

VP	monokular x_i	binokular y_i	Differenz $d_i = x_i - y_i$	d_i^2
1	6,00°	5,49°	0,51°	0,26
2	3,95°	3,66°	0,29°	0,08
3	4,21°	3,91°	0,30°	0,09
4	5,36°	4,58°	0,78°	0,61
5	6,69°	6,02°	0,67°	0,45
n = 5			$\Sigma d_i = 2,55°$	$\Sigma d_i^2 = 1,49$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}} = \frac{(\Sigma d_i) / n}{\sqrt{\frac{\Sigma d_i^2 - (\Sigma d_i)^2/n}{n(n-1)}}} = \frac{2,55/5}{\sqrt{\frac{1,49 - 1,30}{20}}} = 5,23$$

$t = 5,23 > 2,776 \Longrightarrow$

H_o kann mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,025 verworfen werden.

b) Vertikale Werte:

$$\left\{ \begin{array}{lcl} H_o : & \mu - \mu_o = 0 = \mu_d \\ H_1 : & \mu - \mu_o \neq 0 \end{array} \right\}$$

Tabelle 14: Berechnung der Differenzen zwischen den monokularen x_i und binokularen y_i mittleren Durchmessern.

VP	monokular x_i	binokular y_i	Differenz $d_i = x_i - y_i$	d_i^2
1	7,99°	7,57°	0,42°	0,18
2	4,59°	4,37°	0,22°	0,05
3	6,03°	6,06°	-0,03°	0,00
4	5,73°	5,34°	0,39°	0,15
5	5,56°	5,26°	0,30°	0,09
n = 5			$\Sigma d_i = 1,30°$	$\Sigma d_i^2 = 0,47$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d} = \frac{1,30 / 5}{\sqrt{\frac{0,47 - 1,69/5}{20}}} = 3,20$$

$t = 3,20 > 2,776 \Longrightarrow$

H_o wird mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,025 abgelehnt.

7. LITERATURVERZEICHNIS:

1. ARMALY, M.F.: The size an location of normal blind spot.
Arch. Ophthal.(Chic.) 81 (1969),
192-201

2. AULHORN,E. : Phasendifferenzhaploskopie.
Eine neue Methode zur Trennung der optischen Eindrücke beider Augen.
klin.Mbl.Augenhlkd 148 (1966), 540 - 544

3. AULHORN,E. : Erfahrungen mit der Phasendifferenzhaploskopie.
Ber.dt.ophth.Ges. 69 (1968), 593 - 598

4. AULHORN,E. : Psychophysische Grundlagen des Binokularsehens.
aus: Zeichenerkennung durch biologische und technische Systeme.
Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York. 1971

5. AULHORN,E. und H.HARMS : visual perimetry
in: Handbook of sensory physiology.
Vol. VII/4 102 - 145
Springer, New York 1972

6. AULHORN,E. und F. MICHELFELDER : Vergleich der Fixationsverlagerung bei organischer Maculaerkrankung und beim physiologischen Dunkelskotom.
Ber.dt.ophth.Ges. 71 (1971), 487 - 491

7. AXENFELD,TH. und H. Pau: Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde: Funktionsprüfung und Funktionsstörung (R.SACHSENWEGER) S. 40 - 62
12. Aufl. Gustav Fischer Verlag 1980

8. BREWITT,H., H.HONEGGER, N.POPPENDIECK:
Gesichtsfeldprüfung bei monokularer und binokularer Fixation.
Graefe's Archiv 207 (1978), 123 - 136

9. DUKE-ELDER,S.: The physiology of the eye and of the vision.
in: System of ophthalmology Vol.IV
677 - 709; Kimpton, London 1968

10. DUBOIS-POULSEN,A.: Le champ visuel.
Topographie normale et pathologique de ses sensibilités.
Masson et Cie., Paris 1952

11. DUBOIS-POULSEN,A.: Quelques particularités de la tache de Mariotte en vision binoculaire.
Arch.ophth. (Paris) 29 (1969),487-490

12. DUBOIS-POULSEN,A.: The enlargement of the blind spot in binocular vision.
Documenta ophth. Proc. series, Vol. 19
Third international visual field symposium. Tokyo (1978) 423 - 426

13. FANKHAUSER,F.: Kinetische Perimetrie.
Ophthalmologica (Basel) 158 (1969)
406 - 418

14. GENÉE,E. und E.PATEROK: Die Bedeutung der Refraktion für die Bestimmung des blinden Flecks.
Ber.dt.ophth.Ges. 72 (1974), 284 - 290

15. HARMS,H.: Die Technik der statischen Perimetrie.
Ophthalmologica (Basel) 158 (1969)
387 - 405

16. INCZE,A.: Über die richtige Bestimmung des blinden Flecks.
Arch.Aug.Hlkd 99 (1928), 670 - 677

17. LOCKE,J.C.: A new ocular approach to ocular vertical muscle imbalance.
A study of blind spot heterotopia.
in: Progress in Neuro-Ophthalmology
Vol. II
Excerpta medica foundation, 192 - 205
Amsterdam (1969)

18. MACKENSEN,G.: Monokulare und binokulare statische Perimetrie zur Untersuchung der Hemmungsvorgänge beim Schielen.

Graefe's Archiv 160 (1959),573-587

19. MICHELFELDER,F.: Die Fixationsverlagerung beim physiologischen Dunkelskotom. Inaugural-Dissertation, Fachbereich Klinische Medizin der Eberhard-Karls-Universität Tübingen 1971

20. MONJÉ,M., H.STINGEL und W.de DECKER : Fixationsdisparität bei peripherem und zentralem Binokularsehen unter phorischer Belastung. Graefe's Archiv 194 (1975), 95 - 107

21. MÜLLER,W., E.HAASE, G.HENNING und R.BERNDT : Untersuchung zur objektiven Perimetrie. Graefe's Arch. 190 (1974), 329 - 340

22. REED,H.: Essentials of perimetry static and kinetic. 2nd edition, Oxford university press London 1972

23. RÖSSLER,F.: Die Höhenstellung des blinden Flecks im normalen Auge. Arch.Aug.Hlkd. 86 (1920) 55 - 87

24. SAUBERMANN,G.B.C.: Über den Einfluß der Beleuchtungsintensität auf die Größenmessung des blinden Flecks im normalen Auge. Ophthalmologica (Basel) 97 (1939), 364 - 373

25. SCHMIDT,T.: Wichtige Bedingungen für eine korrekte Perimetrie. Ophthalmologica (Basel) 158 (1969) 419 - 432

26. SCHMIDT,T.: Über die Testmarkengeschwindigkeit und ein neues Registriergerät zum Goldmann-Perimeter. Ophthalmologica (Basel) 163 (1971) 120 - 127

27. SHIGA,S.: Visual field changes with loaded illumination.

Am.J.Ophth. Ser.3,66(1968),245 - 263

28. TATE,G.W.and J.R LYNN : Principles of quantitative perimetry.
Testing and interpreting the visual field.
Grune & Stratton, New York 1977
169, 176 - 178

29. THOMAS,JH.: La physiologie de la vision binoculaire.
Arch.Ophth.(Paris) 31 (1971), 189 - 206

30. ZUCKERMAN,J.:Perimetry
130 - 138; 163 - 180;
J.B.Lippincott, Philadelphia 1954

LITERATUR, in der die verwendeten STATISTISCHEN TESTS [illegible]:

31. KREYSZIG,E.: Statistische Methoden und ihre Anwendung.
S. 250 ff
Göttingen 1965

32. MORRISON,D.F.: Multivariate statistical methods.
147 ff
2nd edition, McGraw-Hill 1976

8. INHALTSÜBERSICHT:

1.	EINLEITUNG	S. 1
2.	METHODIK	S. 8
2.1.	Auswahl der Methodik	S. 8
2.1.1.	Untersuchung mit dem Perimeter	S. 8
2.1.2.	Verwendung von Gläsern in den Komplementärfarben rot und grün	S. 9
2.1.3.	Verwendung polarisierender Filter	S. 9
2.1.4.	Phasendifferenzhaploskop nach Aulhorn	S. 9
2.2.	Prinzip der Untersuchungsmethode mit dem dem Phasendifferenzhaploskop	S. 10
2.3.	Wahl der Versuchspersonen	S. 10
2.4.	Wahl von Fixierpunkt, Prüfpunkt und parazentralem Fusionsmuster	S. 11
2.4.1.	Fixierpunkt	S. 11
2.4.2.	Prüfpunkt	S. 12
2.4.3.	Parazentrales Fusionsmuster	S. 13
2.4.4.	Gesichtsfeldschema für die Nachversuche an 5 Probanden	S. 15
2.5.	Leuchtdichte	S. 16
2.5.1.	Umfeldleuchtdichte	S. 16
2.5.2.	Leuchtdichte von Testmarken und parazentralem Fusionsmuster	S. 16
2.5.3.	Leuchtdichte von Testmarken und Gesichtsfeldschema bei den Nachversuchen	S. 16
2.6.	Wahl der Testmarken-Geschwindigkeit	S. 17

2.7.	Einstellung des Haploskops bei den angewendeten Untersuchungen	S. 17
2.7.1.	Monokulare Untersuchung	S. 18
2.7.2.	Haploskopische Untersuchung mit binokularem Fixierpunkt	S. 19
2.7.3.	Haploskopische Untersuchung mit binokularem parazentralem Fusionsmuster	S. 20
2.7.4.	Haploskopische Untersuchung mit sehr kontrastarmem, binokular dargebotenen Muster eines Gesichtsfeldschemas	S. 21
2.8.	Versuchsdurchführung	S. 22
2.8.1.	Refraktionsbestimmung	S. 22
2.8.2.	Prüfung des binokularen Sehens	S. 22
2.8.3.	Erklären des Versuchsablaufes und Gewöhnung des Probanden an die Untersuchungssituation.	S. 22
2.8.4.	Bestimmung des rechten blinden Flecks	S. 23
2.8.4.1.	bei monokularer Fixation	S. 23
2.8.4.2.	Haploskopische Bestimmung mit binokularem Fixierpunkt	S. 25
2.8.4.3.	Haploskopische Bestimmung mit monokular dargebotenem Fixierpunkt für das linke Auge und monokular sichtbarem Prüfpunkt für das rechte Auge unter Verwendung eines parazentralen Fusionsmusters	S. 25
2.8.5.	Bestimmung des linken blinden Flecks	S. 25
2.8.6.	Bestimmung der Größe des blinden Flecks unter "binokularen" Bedingungen in Anlehnung an die Arbeitsgruppe BREWITT(8)	S. 25
2.8.6.1.	Überprüfen, ob unter diesen Bedingungen heterophoriebedingte Einflüsse möglich sind	S. 27
2.8.6.2.	Bestimmung des blinden Flecks unter monokularen Bedingungen	S. 28
2.8.6.3.	"binokulare" Untersuchung	S. 28

3.	ERGEBNISSE	S. 28
3.1.	Ausmessen und Berechnen der Begrenzung des blinden Flecks	S. 29
3.2.	Differenz zwischen der 1. und 2. Bestimmung	S. 31
3.3.	Lage des blinden Flecks	S. 32
3.3.1.	nasaler und temporaler Grenzwert des blinden Flecks	S. 32
3.3.2.	Schwerpunkte	S. 34
3.3.3.	VERGLEICH der Lage des blinden Flecks unter monokularen und haploskopisch binokularen Prüfbedingungen	S. 36
3.3.4.	Lage des linken und rechten blinden Flecks bei gleicher Refraktion beider Augen	S. 36
3.4.	Größe des blinden Flecks	S. 37
3.4.1.	Größter horizontaler und vertikaler Durchmesser des blinden Flecks	S. 37
3.4.2.	Fläche	S. 38
3.4.3.	VERGLEICH der Größe des blinden Flecks bei Bestimmung unter monokularen und binokularen Bedingungen	S. 39
3.5.	Größe des blinden Flecks bei den Versuchen, die in Anlehnung an die Arbeit der Gruppe BREWITT(8) durchgeführt wurden	S. 39
4.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	S. 42
4.1.	Gültigkeit der Ergebnisse	S. 42
4.1.1.	Situation der Versuchsperson	S. 42
4.1.2.	Reaktionszeit	S. 42
4.1.3.	Lerneffekt	S. 42
4.1.4.	Fixation	S. 42

4.1.6.	Ungenauigkeiten im Bereich der großen Ge-	S. 43
4.1.7.	Schwankungen der Testmarkengeschwindigkeit	S. 43
4.2.	Deutung der Ergebnisse	S. 45
4.2.1.	Lage des blinden Flecks	S. 45
4.2.2.	VERGLEICH der Lage unter monokularen und binokularen Bedingungen	S. 45
4.2.3.	Vergleich der Lage des blinden Flecks des linken und rechten Auges bei gleicher Refraktion	S. 45
4.2.4.	Größte horizontale und vertikale Durchmesser	S. 46
4.2.5.	VERGLEICH der Größe des blinden Flecks unter monokularen und binokularen Prüfbedingungen	S. 46
5.	ZUSAMMENFASSUNG	S. 50
6.	ANHANG	S. 53
6.1.	Tabellen	S. 53
6.2.	Statistische Auswertung der Versuche in Anlehnung an die Arbeit der Gruppe BREWITT	S. 63
7.	LITERATURVERZEICHNIS	S. 65
8.	INHALTSÜBERSICHT	S. 69

L E B E N S L A U F

- Am 23.4.1956 wurde ich, Margit Baur, als zweites von vier Kindern des Angestellten Reinhard Baur und seiner Frau Katharina geb. Ströbl in Regensburg geboren.
- Von dort aus zogen wir nach Tübingen um, wo ich von 1963 - 1966 die Grundschule besuchte.
- Anschließend wechselte ich auf das Wildermuth-Gymnasium in Tübingen über, wo ich 1975 das Abitur ablegte.
- Im WS 75/76 begann ich mein Medizinstudium an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen.
- Die Ärztliche Vorprüfung bestand ich im August 1977 und den ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im August 1978.
- Nach Bestehen des zweiten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung im März 1981 trat ich mein Praktisches Jahr mit Wahlfach Pädiatrie an den Städt. Krankenanstalten in Esslingen an.
- Am 6.4.1982 bestand ich den schriftlichen und am 27.4.82 den mündlichen Teil des dritten Abschnitts der Ärztlichen Prüfung.